



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE COMPUTAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO

ÉMERSON BEZERRA PINHEIRO

ARQUITETURA DE SOFTWARE E DE HARDWARE PARA O APRIMORAMENTO
DA EXPERIÊNCIA DE USO DE JOGOS DE TIRO VIRTUAIS NO ESTILO
POINT-AND-CLICK

FORTALEZA

2024

ÉMERSON BEZERRA PINHEIRO

ARQUITETURA DE SOFTWARE E DE HARDWARE PARA O APRIMORAMENTO DA
EXPERIÊNCIA DE USO DE JOGOS DE TIRO VIRTUAIS NO ESTILO POINT-AND-CLICK

Dissertação apresentada ao Curso de do
Programa de Pós-Graduação em Ciência
da Computação do Centro de Ciências da
Universidade Federal do Ceará, como requisito
parcial à obtenção do título de mestre em
Ciência da Computação. Área de Concentração:
Computação Gráfica

Orientador: Prof. Dr. Creto Augusto Vi-
dal

Coorientador: Prof. Dr. Joaquim Bento
Cavalcante Neto

FORTALEZA

2024

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Sistema de Bibliotecas
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

P722a Pinheiro, Émerson Bezerra.

Arquitetura de software e de hardware para o aprimoramento da experiência de uso de jogos de tiro virtuais no estilo point-and-click / Émerson Bezerra Pinheiro. – 2024.
76 f. : il. color.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências, Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação, Fortaleza, 2024.

Orientação: Prof. Dr. Creto Augusto Vidal.

Coorientação: Prof. Dr. Joaquim Bento Cavalcante Neto.

1. Jogos de tiro. 2. Armas de luz. 3. UX. 4. Jogo de tiro point-and-click. I. Título.

CDD 005

ÉMERSON BEZERRA PINHEIRO

ARQUITETURA DE SOFTWARE E DE HARDWARE PARA O APRIMORAMENTO DA
EXPERIÊNCIA DE USO DE JOGOS DE TIRO VIRTUAIS NO ESTILO POINT-AND-CLICK

Dissertação apresentada ao Curso de do
Programa de Pós-Graduação em Ciência
da Computação do Centro de Ciências da
Universidade Federal do Ceará, como requisito
parcial à obtenção do título de mestre em
Ciência da Computação. Área de Concentração:
Computação Gráfica

Aprovada em:

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Creto Augusto Vidal (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Joaquim Bento Cavalcante
Neto (Coorientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Antonio José Melo Leite Júnior
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. George Allan Menezes Gomes
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Natal Anacleto Chicca Junior
Universidade Federal de Pernambuco (UFPE)

AGRADECIMENTOS

A conclusão deste trabalho de mestrado é o resultado de um longo e árduo percurso, que só foi possível graças ao apoio e incentivo de várias pessoas.

Primeiramente, agradeço a Deus e à minha família, em especial aos meus pais, Maria Jocélia e José Erivando, que sempre me incentivaram, me educaram e me deram todo o amor, apoio e confiança de forma incondicionais, e ao meu irmão Diego que sempre foi o meu melhor amigo e grande inspiração.

Aos meus orientadores, professores Creto Vidal e Joaquim Bento Cavalcante Neto pela orientação, partilha de conhecimentos, disponibilidade e incrível paciência ao acompanharem meu percurso de mestrado.

Aos meus amigos e professores, Melo Júnior e George Gomes, que me acompanham desde o início da minha graduação, e foram essenciais para a minha formação acadêmica, sempre mostrando-se solícitos em me ajudar em diversos momentos e em compartilhar seus conhecimentos.

Um agradecimento especial à minha amiga Patrícia Cardoso que foi uma grande incentivadora para que eu concluísse esse trabalho e me ajudou com palavras amigas e sinceras, além de ser uma grande inspiração pessoal e acadêmica.

Agradeço meus amigos que me acompanharam neste período e me ajudaram com os testes e validação da proposta deste trabalho.

Aos meus colegas de mestrado, que partilharam comigo este caminho e me apoiaram em momentos difíceis.

E agradeço ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico pelo financiamento parcial da presente pesquisa através do Projeto CNPq Universal 406318/2023-9.

Este trabalho é dedicado a todos eles, sem os quais nada disto seria possível.

RESUMO

Os jogos de tiro têm sido palco de inúmeras transformações ao longo de sua história. Contudo, o emprego de armas de luz nesse gênero não experimentou avanços significativos na última década. Este estudo propõe uma solução de captura de laser para introduzir uma nova forma de interação em jogos de tiro comuns do tipo point-and-click. Para isso, foi delineada uma arquitetura e desenvolvida uma solução que atua como interface entre o jogador e o jogo, adaptando a jogabilidade e proporcionando uma experiência inédita de uso, sem a necessidade de alterar os jogos originais. Quatro jogos foram selecionados para avaliar essa proposta: dois títulos de terceiros disponíveis comercialmente e dois desenvolvidos especificamente para testar o modelo proposto. Diversos tipos de armas foram testados, incluindo armas de brinquedo, Airsoft e modelos impressos em 3D, e os resultados foram extremamente satisfatórios. Não foram registradas perdas de desempenho nos jogos – todos os títulos testados mantiveram uma execução estável a 60 FPS. Além disso, os jogadores participantes do experimento, avaliados por meio de um grupo focal, expressaram grande entusiasmo com a imersão proporcionada, a nova experiência de jogo e os resultados alcançados, não percebendo qualquer atraso entre o disparo e o clique correspondente do mouse realizado pelo sistema.

Palavras-chave: jogos de tiro; armas de luz; UX; jogos de tiro point-and-click.

ABSTRACT

Shooting games have evolved significantly over their history. However, the integration of light weapons into these games has seen limited development in the past decade. This study introduces a laser capture solution to improve interaction in traditional point-and-click shooting games. Through the description of an architectural framework and the development of a seamless solution bridging player and game, this approach adapts gameplay and offers a fresh user experience without necessitating alterations to the original game design. Four diverse games were employed to assess the effectiveness of this solution: two commercially available third-party titles and two specifically crafted for testing purposes. Various types of weapons were explored, including toys, Airsoft replicas, and 3D-printed models, with consistently impressive results. Notably, there was no discernible compromise in gaming performance—all tested titles maintained stable operation at 60 FPS. Moreover, participants in the experiment, evaluated through focused group analysis, expressed genuine enthusiasm for the immersive experience, novel gameplay, and seamless integration, reporting no perceptible delay between firing and corresponding mouse input generated by the system.

Keywords: shooting games; light guns; UX; point-and-click shooting games.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Algumas das tecnologias e light guns pioneiras.	12
Figura 2 – Simulador de tiro físico com uso de Raspberry Pi.	18
Figura 3 – Atiradores usando a Life Target.	22
Figura 4 – Light gun do Ray-O-Lite (primeira light gun).	23
Figura 5 – Primeira light gun de um videogame doméstico.	24
Figura 6 – Spacewar! No PDP-1.	24
Figura 7 – Gameplay do jogo Space Invaders.	25
Figura 8 – Jogos Duck Hunt (a), After Burner (b) e Operation Wolf (c).	25
Figura 9 – Gameplay de Wolfenstein 3D.	26
Figura 10 – Gameplay de Doom.	26
Figura 11 – Gameplay do Counter-Strike.	27
Figura 12 – Nintendo NES Zapper.	32
Figura 13 – Sega Menacer.	32
Figura 14 – Nintendo Super Scope.	33
Figura 15 – Namco GunCon.	33
Figura 16 – Sega Saturn Light Gun.	34
Figura 17 – Aimtrak Light Gun.	35
Figura 18 – Playstation Move Sharp Shooter.	35
Figura 19 – Nintendo Wii Zapper.	36
Figura 20 – Demonstração do instante em que a tela muda para uma tela preta com um quadrado branco na exata posição do alvo para que a light gun consiga realizar a verificação do acerto ou erro do disparo.	37
Figura 21 – Gameplay do jogo Virtua Cop.	38
Figura 22 – Gameplay do jogo Point Blank.	38
Figura 23 – Montagem de cenas de gameplay do jogo Time Crisis.	39
Figura 24 – Gameplay do House of the Dead.	40
Figura 25 – Gameplay do Enter the Gungeon: House of the Gundead.	41
Figura 26 – Modo de interação tradicional.	43
Figura 27 – Arquitetura de interação com a interface proposta.	43
Figura 28 – Arquitetura do Emissor.	45
Figura 29 – Arquitetura da Câmera.	46

Figura 30 – Arquitetura do Calibrador.	47
Figura 31 – Interface da aplicação da homografia.	47
Figura 32 – Arquitetura do Capturador.	48
Figura 33 – Limiarização do pulso de laser na imagem capturada da tela: a) imagem original e b) imagem binária obtida por limiarização.	48
Figura 34 – Dispositivos de Hardware.	50
Figura 35 – Equipamentos de <i>hardware</i> usados no experimento.	51
Figura 36 – Emissor laser anexado ao cano da arma.	52
Figura 37 – Jogo protótipo de Progressão Tática.	55
Figura 38 – Jogo protótipo “Duck Shooting”.	56
Figura 39 – Captura de tela do gameplay do Mad Bullet da isTom Games.	57
Figura 40 – Captura de tela do gameplay do jogo Smash Hit da Mediocre Studios.	58
Figura 41 – Especificações do ambiente utilizado no experimento.	59
Figura 42 – Armas utilizadas e testadas nos experimentos.	60
Figura 43 – Uso prático da solução proposta.	61
Figura 44 – Resultados dos participantes do experimento organizados por jogo e interação.	65
Figura 45 – Pontuações de cada jogo ordenadas por ordem decrescentes.	66

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

FPS	First-Person Shooter
LED	Light Emitting Diode
SNES	Super Nintendo Entertainment System
TPS	Third-Person Shooter

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
1.1	Contextualização e justificativa	12
1.2	Objetivos	15
1.2.1	<i>Objetivo Geral</i>	15
1.2.2	<i>Objetivos Específicos</i>	15
1.3	Abordagem Metodológica	15
1.4	Estrutura do Trabalho	16
2	REFERENCIAL TEÓRICO	17
2.1	Realidade Virtual	19
2.2	Jogos de Tiro	21
2.2.1	<i>História</i>	22
2.2.2	<i>Categorias dos jogos virtuais de tiro</i>	28
2.2.3	<i>Habilidades desenvolvidas</i>	29
2.3	UX em Jogos de Tiro	30
2.4	Light Guns	31
3	ARQUITETURA PROPOSTA	42
3.1	Modelo de Referência	42
3.1.1	<i>Jogador</i>	44
3.1.2	<i>Solução</i>	44
3.1.3	<i>Jogo</i>	44
3.2	Arquiteturas e seus Módulos	45
3.2.1	<i>Emissor</i>	45
3.2.2	<i>Dispositivo de Saída de Vídeo</i>	45
3.2.3	<i>Câmera</i>	46
3.2.4	<i>Calibrador</i>	46
3.2.5	<i>Capturador</i>	47
3.3	Requisitos de Hardware e de Software	49
4	IMPLEMENTAÇÃO DA ARQUITETURA	50
4.1	Sistema Implementado	50
4.1.1	<i>Hardware</i>	50

4.1.2	<i>Software</i>	52
5	VALIDAÇÃO	54
5.1	Jogos Testados	54
5.1.1	<i>Protótipos</i>	54
5.1.2	<i>Jogos Third-Party</i>	56
5.2	Elementos da solução	58
5.2.1	<i>Ambiente</i>	58
5.2.2	<i>Emissor Laser</i>	59
5.2.3	<i>Armas</i>	60
5.3	Conclusão e Resultados Técnicos	60
5.4	Validação da Solução com Grupo Focal	62
5.4.1	<i>Grupo Focal</i>	62
5.4.2	<i>Participantes do Grupo Focal</i>	63
5.4.3	<i>Experimento</i>	64
5.4.4	<i>Análise Quantitativa</i>	65
5.4.5	<i>Análise Qualitativa</i>	66
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS E TRABALHOS FUTUROS	69
	REFERÊNCIAS	71
	APÊNDICE A – TERMO DE CONSENTIMENTO	77

1 INTRODUÇÃO

Esta dissertação propõe uma arquitetura e uma solução de captura de laser com o objetivo de inovar a forma de interação em jogos de tiro do tipo point-and-click, sem a necessidade de modificá-los, visando proporcionar uma experiência renovada aos usuários.

Neste capítulo, primeiramente, a Seção 1.1 contextualiza e justifica o trabalho, apresentando sua motivação. Em seguida, a Seção 1.2 define os objetivos gerais e específicos que orientam toda a pesquisa. Posteriormente, a Seção 1.3 discute as etapas metodológicas adotadas na condução do estudo. Por fim, a Seção 1.4 explica a organização dos demais capítulos da dissertação

1.1 Contextualização e justificativa

Figura 1 – Algumas das tecnologias e light guns pioneiras.



Fonte: composição (Videogamehistorian (2015), Pinrepair (1971) e Wikipedia (2022)).

Os jogos de tiro ao alvo têm uma longa história (Figura 1), desde que surgiram em tendas nos famosos carnavais da década de 1890 na Inglaterra (WOLF, 2012). Com o tempo, dispositivos eletromecânicos substituíram as arquibancadas das barracas e eliminaram a necessidade de um operador humano para repor os alvos a cada rodada. Mais tarde, com a evolução da tecnologia, foi possível substituir os projéteis físicos por curtas emissões de feixes de luz. Assim, as armas de luz (*light guns*) apareceram como simulacros de armas reais.

O primeiro jogo que usou uma arma de luz foi o Ray-O-Lite, de 1936 (WOLF, 2012), e que já empregava tubos de vácuo como receptores. Até o momento as interações se davam de forma individual ou competitiva com outra pessoa, em que os atiradores disparavam contra alvos passivos, entretanto a evolução continuou com cada vez mais sofisticação dos sistemas

de disparo e sensores de captura, a ponto de permitir a competição homem/máquina, como em *Jungle Charlie*, de 1971 (WOLF, 2012), ou seja, neste jogo a própria máquina realiza disparos simulados contra os alvos de forma a competir ativamente contra o atirador.

Mais tarde, a evolução da eletrônica permitiu a substituição dos dispositivos eletromecânicos, levando ao uso de alvos virtuais apresentados em telas. Assim, esse tipo de divertimento, antes restrito a bares e estabelecimentos similares, tornou-se um entretenimento doméstico. Em 1972, por exemplo, o primeiro console de videogame doméstico a ter uma arma de luz foi o *Magnavox Odyssey*. Essa simulação revolucionou todo o mercado ao ter o receptor na própria arma simulada (WOLF, 2012).

Na década de 1990, a introdução dos sensores de dispositivos de carga acoplada (Charge-coupled device (CCD)) (RANKIS et al., 2008) revolucionou a indústria de jogos ao permitir o uso de câmeras de vídeo menores e mais acessíveis para capturar feixes de luz emitidos pelos simuladores. Como resultado, os fliperamas começaram a oferecer jogos de tiro que utilizam as chamadas "light guns". Isso deu origem a novos gêneros de jogos, como os "target shooters", que apresentam alvos móveis em telas estáticas, e os "rail shooters", nos quais o jogador se movimenta por cenários pré-definidos.

Com o passar do tempo, à medida que os jogos se tornaram visualmente mais realistas, várias empresas adaptaram essas tecnologias de jogos para criar simuladores de treinamento para forças militares e policiais (MELO-LEITE-JÚNIOR et al., 2012). Essas adaptações possibilitaram a criação de modelos para treinamentos mais seguros e ecologicamente sustentáveis, pois substituíram a munição real por tiros virtuais.

Apesar dos avanços tecnológicos, a participação dos jogos de tiro no mercado sofreu uma queda significativa, principalmente pelo lançamento de títulos com qualidade questionável e o consequente desinteresse do público. No entanto, nos últimos anos a indústria de fliperama como um todo está passando por reformas (ROUNDY, 2020).

A presença de títulos em arcades ainda é notável nos dias de hoje, porém os jogos disponíveis em outras plataformas, como consoles de videogame domésticos e computadores, geralmente não conseguem replicar a mesma interação natural esperada nos arcades. Isso ocorre porque essas plataformas utilizam periféricos de interação diferentes, como joysticks, teclados e mouses.

Consequentemente, os computadores, consoles de videogame e dispositivos móveis se tornaram alternativas populares, substituindo os simulacros dos arcades por interações como

cliques de mouse, movimentos de joystick e telas sensíveis ao toque. Isso se deve em parte ao desafio técnico e aos custos elevados associados à refatoração e reimplementação dos códigos dos jogos para replicar tecnologias mais avançadas, como light guns ou dispositivos similares, o que os torna pouco práticos para uso doméstico.

Considerando essas questões, esta dissertação propõe uma solução que permite a integração de simulacros de armas de diversos tipos (como armas de brinquedo, airsoft, armas impressas em 3D etc.) em jogos de tiro comerciais, sem a necessidade de adaptação dos simulacros. Esses jogos são executados em computadores pessoais comuns e, originalmente, não são projetados para utilizar light guns ou dispositivos similares.

Para alcançar esse objetivo, são identificados elementos intermediários de hardware e software, os quais proporcionam novas possibilidades de interação aos jogadores. Essa abordagem inovadora visa aprimorar a experiência dos jogadores ao integrar simulacros de armas reais em jogos de tiro tradicionais, sem a necessidade de modificações nos jogos originais.

Este trabalho tem como objetivo contribuir para a revitalização de uma forma de interação com jogos que já foi muito popular, mas que não acompanhou a evolução tecnológica e a demanda por uma experiência de uso mais satisfatória.

Atualmente, estamos vivendo em uma era de rápida evolução tecnológica, na qual diversas áreas do conhecimento estão se beneficiando desses avanços para otimizar processos e rotinas. A indústria de jogos virtuais, em particular, é uma das que mais aproveita essas inovações (FREIRE, 2016).

Para que uma inovação seja efetivamente implementada, é necessário que ela passe pelo processo de difusão, conforme descrito por Rogers (1995, p. 11). A difusão se torna irreversível quando um certo percentual da população, geralmente entre 5

A difusão das inovações apresenta características comuns que devem ser consideradas, como a vantagem relativa da inovação, sua compatibilidade, complexidade, possibilidade de experimentação e observação (ROGERS, 1995).

Nesse contexto, o presente trabalho propõe a elaboração, desenvolvimento e descrição de uma arquitetura para a implementação de uma nova forma de interação em jogos de tiro. O objetivo é difundir essa inovação na forma de criar uma experiência de jogo inovadora para os jogadores, sem a necessidade de modificar a forma como os jogos são desenvolvidos. Isso proporciona uma vantagem significativa para as empresas do setor.

1.2 Objetivos

1.2.1 *Objetivo Geral*

Propor uma arquitetura integrada de software e hardware que visa fornecer todas as interfaces necessárias para implementar uma solução viável de interação em jogos virtuais de tiro. Nosso objetivo é elevar o nível de imersão, proporcionando uma experiência do usuário (User Experience - UX) aprimorada, sem exigir qualquer alteração nos jogos já desenvolvidos.

1.2.2 *Objetivos Específicos*

- Identificar os principais requisitos e escopos dos jogos virtuais de tiro;
- Especificar os diferentes módulos arquiteturais para desenvolver uma nova interface de interação independente;
- Implementar a arquitetura proposta; e
- Validar a implementação por meio de um grupo focal.

1.3 Abordagem Metodológica

Este trabalho se concentra em pesquisa aplicada, cujo objetivo é gerar conhecimento prático para resolver um problema ou atender a uma demanda específica.

Em termos de finalidade e abordagem do problema, a pesquisa adota uma abordagem qualitativa, conforme descrito por Godoy (1995). Isso significa que o ambiente natural é a fonte direta de dados e que o pesquisador desempenha um papel fundamental como instrumento. Dessa forma, a análise de dados é descritiva e tem um enfoque indutivo.

Quanto aos objetivos da pesquisa, esta é descritiva, pois busca levantar e descrever os principais elementos dos jogos de tiro a fim de identificar relações entre eles e explicar as ocorrências do fenômeno.

Os procedimentos adotados combinam pesquisa bibliográfica, análise documental e estudo de caso. Para desenvolver o estudo, foi realizado um levantamento do estado da arte dos jogos virtuais de tiro, analisando suas características, funcionalidades e tecnologias utilizadas para identificar requisitos de software e hardware, conforme definido por Sommerville (2011).

Com base nas informações coletadas, foi possível realizar uma análise e levantar hipóteses sobre as tendências dos jogos de tiro em relação às formas de interação, experiência de

uso e imersão.

Com essa análise, foi proposta uma arquitetura para desenvolver uma nova interface de interação para jogos virtuais de tiro, visando proporcionar uma experiência mais imersiva e natural para o usuário.

Para concluir o projeto, foi desenvolvido um protótipo como estudo de caso para implementar a arquitetura proposta. Isso envolveu a criação e implementação dos artefatos de hardware e software necessários para oferecer a nova forma de interação com os jogos de tiro¹. Além disso, a validação da nova proposta de interação foi realizada por meio de testes com um grupo focal.

1.4 Estrutura do Trabalho

O conteúdo deste trabalho está organizado em sete capítulos, tendo a presente introdução, onde são apresentados de forma geral o problema, a definição do tema, os objetivos da pesquisa, a justificativa para o estudo, a abordagem metodológica adotada e a estrutura do trabalho. O principal objetivo deste primeiro capítulo é fornecer uma visão geral do conteúdo abordado nos capítulos subsequentes.

O Capítulo 2 apresenta o referencial teórico, que inclui as teorias e trabalhos que serviram como base e apoio para esta pesquisa, como estudos sobre realidade virtual, experiência do usuário (UX), jogos virtuais de tiro e os periféricos utilizados nesses jogos.

O Capítulo 3 demonstra a contribuição efetiva deste trabalho ao propor uma arquitetura para desenvolvimento e implementação da interface de interação com os jogos virtuais de tiro. Todos os componentes definidos são detalhadamente descritos neste capítulo.

O Capítulo 4 aborda a implementação da arquitetura proposta no capítulo anterior, apresentando um experimento totalmente funcional que detalha todos os componentes e módulos da arquitetura, demonstrando sua viabilidade na prática.

O Capítulo 5 descreve a validação da arquitetura e sua implementação, incluindo uma análise técnica e o uso de um grupo focal composto por membros que utilizaram a nova interface de interação em jogos de tiro, comparando-a com a forma padrão atual, que utiliza o mouse como periférico principal.

Por fim, o Capítulo 6 apresenta as considerações finais do trabalho, bem como as lacunas identificadas para futuras pesquisas e desenvolvimentos na área.

¹ Vídeo da implementação da arquitetura proposta: <https://youtu.be/PcgpwSh4jZU>

2 REFERENCIAL TEÓRICO

O universo abrangido pelo tema deste projeto é vasto e pode abarcar diversas possibilidades. Diante dessa amplitude, o escopo deste trabalho concentrou-se no referencial teórico de algumas áreas que contribuem para a composição da arquitetura dos jogos de tiro. Os trabalhos relacionados abrangem temas como Realidade Virtual (RV), Experiência do Usuário (UX) em jogos de tiro e a evolução das light guns como periféricos de interação com os jogos.

Este trabalho visa estabelecer uma solução que permita a utilização de armas (sejam elas de brinquedo ou simulacros) em jogos virtuais de tiro já existentes, os quais são executados em computadores pessoais comuns. Essa solução é concebida sem a dependência de light guns ou dispositivos similares, e sem a necessidade de qualquer tipo de alteração nos jogos originais. O objetivo principal é proporcionar uma experiência de uso mais imersiva e natural ao jogador.

Após realizar pesquisas utilizando as palavras-chave deste trabalho (jogos de tiro, armas de luz, UX e jogos de tiro point-and-click) nas plataformas da CAPES de catálogo de teses, no Google Scholar e no IEEE Xplorer, constatou-se que a abordagem específica desta pesquisa não foi encontrada na literatura. No entanto, alguns trabalhos exploraram ideias ligeiramente semelhantes, o que contribuiu para viabilizar a solução proposta neste estudo.

Os trabalhos relacionados destacados concentram-se principalmente no treinamento de tiro para forças militares e policiais, fazendo uso de diversas tecnologias, tais como dispositivos eletrônicos, lasers, câmeras, Microsoft Kinect², Leap Motion³, minicomputadores, entre outros.

Em Soetedjo *et al.* (2011) e Soetedjo *et al.* (2014) desenvolveram sistemas que empregam apontadores laser para simulação de tiro, com foco no alvo físico, destinados a serem utilizados em simuladores de tiro. Na primeira solução proposta, é utilizado um alvo circular equipado com sensores de fotodiodo, os quais identificam a posição atingida pelo laser. Já na segunda abordagem, uma câmera posicionada atrás de uma tela é empregada para capturar a posição atingida pelo disparo laser.

No entanto, os sistemas focados no alvo limitam o sistema ao treinamento de tiro e ao número de alvos que existem fisicamente. Contudo, é possível não apenas estender essas soluções para que se tornem mais gerais, mas também utilizá-las em jogos.

Já em Zakaria *et al.* (2014) estabeleceram um pipeline para o uso de detecção de um ponto de laser com propósito geral, destinado à automação e simuladores. A solução segue a

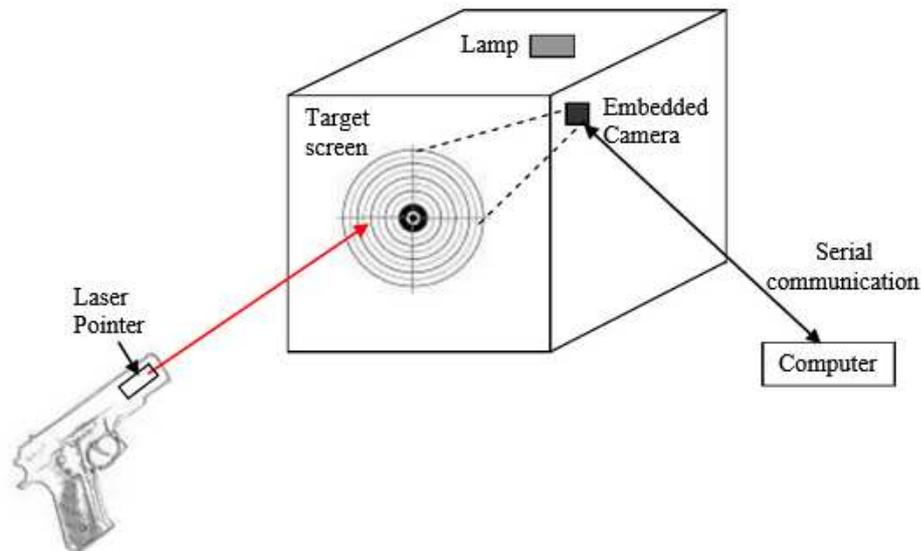
² <https://azure.microsoft.com/pt-pt/products/kinect-dk>

³ <https://www.ultraleap.com/leap-motion-controller-whats-included/>

técnica geral da maioria dos algoritmos de detecção de pontos de laser: limiarização, subtração de fundo e extração da região de interesse (MEŠKO, 2013). No entanto, apresenta baixa robustez, pois foram identificados problemas, principalmente em ambientes com iluminação sujeita a mudanças constantes de intensidade.

Por sua vez, em Soetedjo *et al.* (2014) desenvolveram um algoritmo otimizado para a detecção de laser, empregando um Raspberry Pi⁴, com o objetivo de aplicá-lo em um simulador de tiro físico. Esse simulador consiste em um único alvo dentro de uma caixa, com uma câmera para detectar o ponto do laser (Figura 2).

Figura 2 – Simulador de tiro físico com uso de Raspberry Pi.



Fonte: SOTEDJO *et al.* (2014).

Em Pinheiro *et al.* (2016) propuseram um sistema de simulação de tiro de baixo custo, empregando disparos com laser. No entanto, esse simulador está limitado ao aplicativo de treinamento de habilidades de tiro de precisão que eles desenvolveram.

Bogatinov *et al.* (2015) desenvolveram um simulador de treinamento de tiro de baixo custo, utilizando o sensor de mapeamento de movimento Microsoft Kinect. No entanto, o simulador apresentou problemas de precisão nos disparos, sendo necessário que o atirador fique muito próximo do sensor.

Em Wei *et al.* (2018) focaram no contexto de simulação virtual de tiro, projetando um dispositivo háptico que simula o recuo e o peso do gatilho de uma arma, além de sua interação com cenários simulados. Este dispositivo foi utilizado em conjunto com o Kinect e o Leap

⁴ <https://www.raspberrypi.com/>

Motion para mapeamento dos dedos do atirador. No entanto, essa configuração proposta não proporciona a liberdade de movimento que um atirador demanda, uma vez que o dispositivo de feedback fica fixado em uma mesa.

Conforme LI (2009), o termo háptico refere-se à incorporação da sensação do toque em um ambiente virtual, fornecida por meio de forças de feedback ativas e passivas. Esta sensação tátil também é um dos focos desta pesquisa, uma vez que possui um impacto significativo na experiência do usuário.

Analisando esses trabalhos em conjunto, torna-se evidente que o diferencial do nosso estudo reside na utilização de dispositivos comuns, na simplicidade de uso e no foco em jogos sem a necessidade de qualquer adaptação.

Para complementar e direcionar a pesquisa, a seguir serão detalhados alguns pontos correlatos, a saber: realidade virtual, experiência do usuário (UX), jogos virtuais de tiro e light guns.

2.1 Realidade Virtual

A RV dos dias de hoje não é um conceito novo. Esse conceito remonta a 1935, quando foi introduzido na obra de ficção científica "Pygmalion's Spectacles" de Stanley G. Weinbaum. Essa história descrevia um sistema de RV com holografia, incluindo sensações táteis e olfativas.

A partir do conceito inicial, novos avanços tecnológicos começaram a surgir na década de 1950, com o Sensorama, descrito por Kirner *et al.* (2006). Esse dispositivo consistia em uma cabine individual que projetava filmes e proporcionava diversos efeitos sensoriais, como sons, odores e vento, semelhante ao conceito de cinema 4D que é conhecido hoje.

Sutherland (1968) propôs os primeiros óculos de realidade virtual, denominados de Espada de Damocles (Sword of Damocles). Esse equipamento, embora limitado em termos de interfaces gráficas e pesado, representou um avanço significativo em direção ao que existe atualmente.

O conceito de RV foi formalizado e definido no MIT por volta da década de 70 para expressar a presença humana em um contexto criado por computador, sendo definido em várias pesquisas. Diversos autores oferecem definições distintas de RV: Hancock (1995, p. 68) a descreve como a "forma mais avançada de interface do usuário com o computador até agora disponível", Hand (1994, p. 107) a define como um "paradigma computacional de

interação com algo que não é real, mas que pode ser considerado real enquanto está sendo usado", Burdea (1994) a define como "uma técnica avançada de interface que permite ao usuário realizar imersão, navegação e interação em um ambiente sintético tridimensional gerado por computador, utilizando canais multissensoriais", e Yoh (2001) a entende como "todas as coisas, agentes e eventos que existem no ciberespaço".

Resumidamente, a RV pode ser entendida como uma tecnologia que estabelece uma conexão sensorial entre o homem e o computador, visando proporcionar uma interface aos sentidos e uma sensação de imersão, presença, realismo e interatividade no novo contexto inserido.

Conforme Martins (2000) e Vince (2004), a imersão busca fazer com que o jogador se sinta integrado ao ambiente virtual sensorialmente. A presença, por sua vez, é um sentido subjetivo que dá ao usuário a impressão de estar fisicamente dentro do ambiente virtual. O realismo refere-se à precisão com que o ambiente virtual é retratado e reproduz objetos e interações do mundo real. Já a interatividade se refere à capacidade do computador detectar as entradas do usuário e modificar instantaneamente o mundo virtual.

A interface oferecida pela RV é ideal para que o usuário possa usar e aprimorar suas habilidades e conhecimentos do mundo real por meio da manipulação de objetos e situações do mundo virtual, o que a torna especialmente atrativa para o contexto dos jogos virtuais, onde o objetivo principal é criar uma realidade alternativa na qual o jogador se sinta imerso.

Explorar todas as capacidades e possibilidades que a realidade virtual oferece não é uma tarefa trivial, pois envolve inúmeros componentes, técnicas, ferramentas e conceitos. Nesta dissertação, foi focado nos pontos essenciais para propor uma arquitetura abrangente para desenvolver uma nova interface de interação com os jogos virtuais de tiro.

Alguns pontos e conceitos importantes relacionados à RV e diretamente ligados ao realismo são o rastreamento, a representação visual dos elementos do mundo real e a imersão.

O rastreamento é uma das características primordiais em aplicações de realidade virtual imersiva, envolvendo a identificação da posição da mão, da cabeça do usuário, ou de qualquer objeto vinculado a ele, permitindo assim a interação entre o usuário e o ambiente virtual (KINER, 2007).

Historicamente, os dispositivos capazes de realizar um rastreamento preciso do usuário eram consideravelmente dispendiosos. No entanto, com a popularização das tecnologias como webcams e o avanço da computação gráfica e do processamento de imagens, esse tipo de

rastreamento se tornou mais acessível e amplamente aplicável. Um exemplo disso é a biblioteca ARToolkit, detalhada por Lamb (2007), que utiliza esse método de rastreamento.

No contexto de um jogo de tiro, o objetivo do rastreamento não é identificar a posição exata do jogador, mas sim a localização final do disparo efetuado. Para esse propósito, webcams aliadas a algoritmos de visão computacional são utilizadas, permitindo uma identificação precisa que será abordada em maior detalhe no decorrer deste trabalho.

A visão é fundamental para a percepção e compreensão do mundo ao nosso redor, desempenhando um papel essencial na formação cognitiva e na absorção de conhecimento e experiências.

Nos jogos, a qualidade gráfica desempenha um papel crucial, pois busca reproduzir uma representação visual que se assemelhe à realidade. Quanto mais fiéis e detalhadas forem essas representações no mundo virtual, maior será a imersão e a capacidade do jogo de envolver e cativar o jogador.

Com o avanço tecnológico, é perceptível uma significativa evolução nas placas gráficas, no processamento de imagens e no desenvolvimento de motores gráficos mais sofisticados. Esses progressos têm permitido a criação de ambientes virtuais com um realismo impressionante, capazes de atender às crescentes expectativas e demandas dos jogadores.

A imersão é a sensação de estar fisicamente presente em um ambiente virtual. Essa experiência é alcançada por meio de diversos estímulos sensoriais provenientes de dispositivos como óculos de RV, dispositivos hápticos, sistemas de som imersivos, dispositivos de odor, entre outros.

Nos jogos, a imersão é mais tangível, onde o jogador utiliza dispositivos como joysticks, volantes ou simuladores de arma para cumprir desafios e objetivos específicos em diferentes fases do jogo.

2.2 Jogos de Tiro

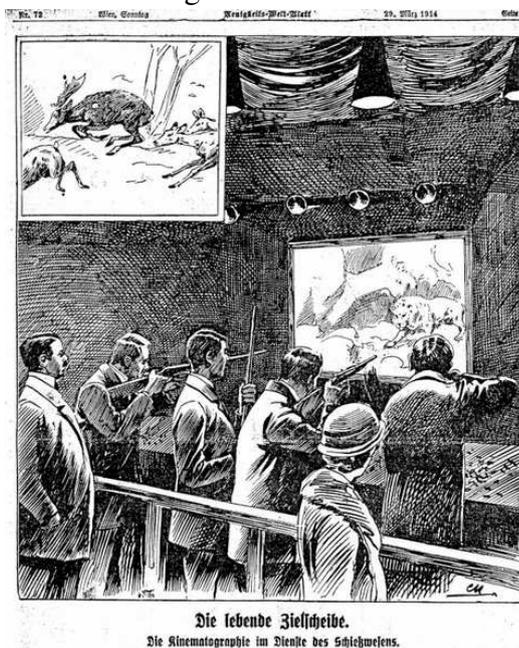
Os jogos de tiro são uns dos principais enfoques e objetos de pesquisa deste trabalho e nesta seção é feito um levantamento do estado da arte desta categoria particular de jogos, mostrando a sua história, suas principais categorias e as habilidades desenvolvidas pelos jogadores.

2.2.1 História

O conceito de jogo de tiro remonta a uma época bem anterior ao surgimento dos videogames, datando do final do século XIX com as populares tendas de carnaval (WOLF, 2012). O objetivo de qualquer jogo de tiro é simples: alinhar a mira de uma arma ou simulacro e disparar um projétil para atingir e eliminar um alvo específico. Exemplos desse tipo de entretenimento incluem tendas físicas de tiro ao alvo com armas de pressão de chumbo, arremesso de dardos, prática de arco e flecha, e até mesmo jogos como o boliche (VOORHEES, 2014).

Os primeiros registros de jogos de tiro com contexto semelhante ao dos videogames foram as patentes de galerias de tiro cinematográficas. Nessas galerias, os atiradores podiam disparar contra uma tela de projeção usando armas carregadas com munição real (PATERSON, 1902). Em 1912, surgiu a Life Target (BATES et al., 1912), considerada a primeira atração patenteada de uma galeria de tiro cinematográfica, que alcançou grande popularidade na Europa e nos Estados Unidos da América (Figura 3).

Figura 3 – Atiradores usando a Life Target.



Fonte: 'Die Lebende Zielscheibe', ilustração de Neugkeits-Weltblatt, 29 de março 1914.

Posteriormente, com a evolução da tecnologia, as salas de cinema de tiros reais começaram a dar espaço para a substituição das munições físicas por dispositivos de emissão de feixes de luz. Em 1936, foi lançado o Ray-O-Lite (COWAN, 2018), que é um equipamento eletromecânico com alvos em formato de animais com sensores que identificam o feixe em caso de acerto. O Ray-O-Lite possui um rifle que dispara pulsos luminosos, sendo considerado como

a primeira *light gun* criada (Figura 4).

Figura 4 – Light gun do Ray-O-Lite (primeira light gun).



Fonte: Pinrepair (2011).

Com a constante evolução da eletrônica, foi possível substituir os sensores e dispositivos eletromecânicos dos alvos por representações virtuais em telas. Essa transição do físico para o virtual expandiu os horizontes e os contextos em que esses jogos poderiam ser utilizados, transformando equipamentos anteriormente restritos a bares e espaços similares em entretenimento doméstico.

Em 1972, surgiu o Magnavox Odyssey, considerado o primeiro videogame doméstico, que já vinha com sua própria *light gun* (GUINNESS, 1972) (Figura 5), revolucionando o mercado ao possuir o receptor na própria arma. Antes dessa inovação, os receptores estavam presentes apenas nos alvos e respondiam às emissões de luz direcionadas a eles. Com o receptor na arma, surgiram diversas possibilidades de simulações e cenários.

Além da parte eletrônica, essa *light gun* representou um avanço significativo no aspecto mecânico, apresentando um comportamento de ciclagem. Ao realizar os disparos, a arma produzia um leve impacto e emitia som. Para recarregar a arma, era necessário puxar um mecanismo sob tensão de uma mola.

Paralelamente à evolução dos dispositivos de hardware eletromecânicos, os softwares e os jogos de tiro também estavam progredindo rapidamente.

Figura 5 – Primeira light gun de um videogame doméstico.



Fonte: Consolemods (2022).

Em 1962, foi lançado o “Spacewar”⁵, considerado o primeiro videogame de tiro (Figura 6) e um dos jogos mais influentes de todos os tempos. O jogo envolvia dois jogadores controlando suas próprias naves espaciais, batalhando, disparando e tentando destruir a nave um do outro. Ele já possuía algumas mecânicas interessantes, como contador de munição, medidores de combustível das naves, influência das gravidades de estrelas e o uso de um comando para mudar a posição da nave para um lugar aleatório na tela, conhecido como hiperespaço.

Figura 6 – Spacewar! No PDP-1.



Fonte: Wikipedia (2007).

Em 1978, foi lançado o “Space Invaders” (Figura 7), um dos jogos mais icônicos e populares do gênero, que estabeleceu um novo subgênero conhecido como *shoot ‘em up*. Nele, os jogadores devem eliminar um grande número de inimigos, que não apenas agem de forma passiva, mas também atacam o jogador, tornando-o mais imediatista e dinâmico.

A partir desse momento, vários outros jogos com temática espacial e o subgênero *shoot ‘em up* surgiram, com alterações significativas na programação. Os desenvolvedores começaram a focar na criação de cenários mais aleatórios e dinâmicos, abandonando os padrões

⁵ <https://en.wikipedia.org/wiki/Spacewar!>

Figura 7 – Gameplay do jogo Space Invaders.



Fonte: Wikipedia (2008).

pré-definidos.

Na década de 80, os jogos de tiro quebraram o padrão estabelecido e apresentaram uma grande diversidade em estilos e ambientações, indo além da área militar e de caça. Surgiram jogos com uso de *light guns* no estilo de galerias de tiro, como o Duck Hunt (1984) (Figura 8.a), *rail shooters* em terceira pessoa de batalhas entre aeronaves, como o After Burner (1987) (Figura 8.b), e *rail shooters* em primeira pessoa com uso de *light gun*, como o Operation Wolf (1987) (Figura 8.c).

Figura 8 – Jogos Duck Hunt (a), After Burner (b) e Operation Wolf (c).



Fonte: Composição de Wikepedia (2012) (a), Wikipedia (2020) (b), Wikipedia (2018) (c).

O primeiro jogo da categoria First-Person Shooter (FPS) foi o Maze War⁶, desenvolvido por estudantes do MIT em 1973. Esta simulação de um labirinto 3D permitia aos jogadores movimentarem-se e atirarem nos adversários. Embora o Maze War não tenha sido um grande sucesso comercial, estabeleceu as bases para os jogos que se seguiriam.

⁶ [https://en.wikipedia.org/wiki/Maze_\(1973_video_game\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Maze_(1973_video_game))

No entanto, foi somente em 1992 que o gênero de FPS realmente ganhou destaque com o lançamento de Wolfenstein 3D⁷ (Figura 9) pela id Software. Este jogo é amplamente creditado como o primeiro verdadeiro FPS, apresentando os moldes que é conhecido atualmente em termos de gráficos, padrões e complexidade, estabelecendo um precedente para os jogos que se seguiriam.

Figura 9 – Gameplay de Wolfenstein 3D.



Fonte: Steam (2007).

O ano de 1993 foi um marco para os jogos de tiro, mais especificamente dos jogos de FPS, com o lançamento do jogo Doom⁸ (Figura 10) também pela empresa id Software.

Figura 10 – Gameplay de Doom.



Fonte: Steam (2016).

O Doom é um jogo em que o jogador assume o papel de um soldado espacial encarregado de enfrentar grandes hordas de inimigos. Ele se diferencia dos jogos anteriores por oferecer uma experiência de imersão única, exigindo um nível de comprometimento mais elevado por parte do jogador. Isso se deve ao seu ritmo de jogabilidade acelerado e dinâmico, além de uma trilha sonora envolvente e gráficos impressionantes para a época.

⁷ https://store.steampowered.com/app/2270/Wolfenstein_3D/

⁸ [https://en.wikipedia.org/wiki/Doom_\(1993_video_game\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Doom_(1993_video_game))

Além da jogabilidade cativante e dos elementos que compõem a experiência do jogador, o Doom introduziu o conceito de *deathmatches*, partidas multiplayer competitivas entre diversos jogadores.

Em 1999, a Valve Corporation lançou o Counter-Strike⁹ (Figura 11), um jogo de tiro em primeira pessoa que se tornou extremamente popular.

Figura 11 – Gameplay do Counter-Strike.



Fonte: Steam (2000).

Counter-Strike é um jogo de tiro em equipe, no qual dois times de cinco jogadores competem em rodadas para completar objetivos. Um time é composto de contraterroristas, que devem impedir que os terroristas plantem e ativem uma bomba, enquanto o outro time é formado por terroristas, cujo objetivo é plantar e ativar a bomba.

O CS foi pioneiro em várias características dos jogos de tiro em primeira pessoa, incluindo o jogo em equipe, a definição de objetivos e o aspecto competitivo. Graças a esses elementos, o jogo foi um dos primeiros a ser reconhecido como um esporte eletrônico, ou *e-sport*, e alcançou grande sucesso comercial e de crítica, tornando-se um dos jogos mais populares do mundo, com mais de 25 milhões de jogadores registrados.

Com o crescimento das competições de jogos eletrônicos, surgiu uma distinção entre diferentes perfis de jogadores. Juul (2009) e Nieborg (2009) definiram esses perfis como casual e hardcore. Os jogadores casuais jogam por lazer e diversão, em sessões curtas e não estão interessados em competições. Por outro lado, os jogadores hardcore são aqueles que buscam desafios competitivos, dedicando longas horas para dominar as mecânicas e a jogabilidade dos

⁹ <https://pt.wikipedia.org/wiki/Counter-Strike>

jogos.

Embora os anos 90 tenham trazido muitas contribuições para os jogos de tiro em primeira pessoa, também marcaram o declínio dos jogos que usavam light guns, uma tendência que será discutida posteriormente.

Atualmente, os jogos de tiro continuam sendo um dos gêneros mais populares no mercado de jogos eletrônicos (MAIORESEMELHORES, 2024). Com uma grande variedade disponível, desde títulos clássicos até jogos modernos e inovadores, os jogadores têm opções para todos os gostos.

Uma tendência significativa no mercado atual de jogos de tiro é o aumento do foco em jogabilidade multiplayer online. Jogos como Call of Duty, Battlefield e Overwatch lideram nessa área, oferecendo experiências de jogo imersivas e realistas, graças aos avanços nas tecnologias gráficas e de interação.

Outra tendência em ascensão são os jogos do tipo *battle royale*, como Fortnite, Apex Legends e Warzone, nos quais os jogadores competem para ser o último sobrevivente em uma arena de batalha. Esses jogos oferecem uma jogabilidade rápida e intensa, com um forte apelo à estratégia e ao trabalho em equipe.

2.2.2 *Categorias dos jogos virtuais de tiro*

Jogos virtuais de tiro abrangem uma variedade de subgêneros, cada um com suas próprias características em termos de jogabilidade, contexto, movimentação e objetivos. Alguns dos subgêneros mais proeminentes, conforme definido por Wolf (2003), incluem:

- *Shoot 'em up*: Este estilo de jogo se destaca por sua movimentação em um plano estático ou com movimento contínuo em um dos eixos (horizontal ou vertical), com foco na ação intensa e na destruição de inimigos. O objetivo é sobreviver o máximo de tempo possível, eliminando o maior número de inimigos e completando objetivos específicos.
- *Rail shooter*: Neste estilo, a jogabilidade é guiada e a movimentação do jogador é limitada, já que o personagem se desloca automaticamente por um caminho pré-determinado, cabendo ao jogador atirar nos inimigos que surgem no cenário.
- *Point-and-click*: Este subgênero destaca-se pela jogabilidade focada em apontar e clicar para atirar nos inimigos. O jogador precisa apenas mirar e atirar, pois o movimento do personagem é automático. Este estilo pode incluir elementos dos

jogos *Shoot'em up* e *Rail Shooter*.

- First-person shooter (FPS): Um estilo que coloca o jogador na perspectiva do personagem, permitindo-lhe mirar e atirar nos inimigos a partir da primeira pessoa, proporcionando a visão da arma e visada.
- Third-Person Shooter (TPS): Este estilo de jogo coloca o jogador na perspectiva da terceira pessoa, permitindo-lhe visualizar o personagem principal por completo.
- *Tactical shooter*: Centra-se na estratégia e tática, exigindo que o jogador pense cuidadosamente sobre suas ações. Movimentos errados podem levar à falha imediata da missão ou à perda de pontos.
- *Battle Royale*: Este estilo coloca um grande grupo de jogadores em um mapa de grandes dimensões, onde batalham até que reste apenas um jogador ou equipe sobrevivente.

Neste trabalho, o foco principal está na categoria *point-and-click* dos jogos de tiro, com uma ênfase particular nos jogos que utilizam as *light guns*. Todos os próximos jogos mencionados se enquadram nesta categoria, cada um com suas características distintas de jogabilidade e experiência de uso.

2.2.3 *Habilidades desenvolvidas*

A categoria de jogos de tiro é conhecida por exigir e desenvolver uma variedade de habilidades do jogador, conforme definido por Anderson *et al.* (2007) e Gentile *et al.* (2009). Algumas dessas habilidades incluem:

- Habilidade de mira: A capacidade de apontar e acertar alvos com precisão é fundamental nos jogos de tiro.
- Reação rápida: Devido à natureza dinâmica dos jogos de tiro, os jogadores precisam reagir rapidamente às situações apresentadas.
- Habilidade de estratégia: Em alguns jogos, os jogadores devem trabalhar em equipe e desenvolver estratégias para alcançar a vitória.
- Conhecimento do mapa: Entender bem o layout do mapa e identificar posições estratégicas é crucial para obter vantagem sobre os adversários.
- Noção espacial: Uma boa compreensão do espaço do jogo é essencial para avaliar distâncias e posicionar-se em relação aos inimigos.

- Habilidade de lidar com o estresse: Devido à intensidade dos jogos de tiro, os jogadores precisam manter a calma e a concentração sob pressão.
- Habilidade de improvisação: Ser capaz de se adaptar rapidamente às mudanças nas condições do jogo é importante para o sucesso.

2.3 UX em Jogos de Tiro

A experiência do usuário (UX) desempenha um papel fundamental neste trabalho, abordando a interação entre o usuário e o produto ou serviço, especialmente nos jogos de tiro. A UX refere-se à interação entre um usuário e um produto ou serviço. O objetivo da UX design é criar uma experiência agradável, fácil de usar e que atenda às necessidades do usuário.

Diversos trabalhos e pesquisadores nesta área destacam sua relevância para o sucesso de um produto ou serviço. Se a experiência do usuário não for positiva, o produto pode não alcançar seus objetivos. Portanto, é essencial considerar a UX desde o início do projeto. Autores como Nielsen (1999), Krug (2005), Cooper (2007) e Zuffi (2016) oferecem diferentes definições de UX, abrangendo aspectos como facilidade de uso, satisfação do usuário e compreensão das necessidades dos usuários.

Para estabelecer a experiência de usuário desejada, é fundamental considerar elementos como usabilidade, acessibilidade, segurança e funcionamento, conforme definido por Nielsen (1999). A usabilidade diz respeito à facilidade de uso e compreensão do produto ou serviço. A acessibilidade garante que o produto seja acessível a todos os usuários, independentemente de suas habilidades ou limitações. A segurança assegura que o produto seja seguro para o usuário. O funcionamento garante que o produto opere conforme o esperado.

Em jogos virtuais, a UX também é crucial e apresenta características específicas a serem consideradas. Um jogo deve fornecer *feedback* claro ao jogador para uma tomada de decisão eficaz. Deve ser desafiador o suficiente para envolver o jogador, sem se tornar frustrante. A repetição é importante para permitir ao jogador aprimorar suas habilidades e reviver experiências. A imersão é essencial, proporcionando ao jogador uma sensação de conexão profunda com o jogo.

Para o contexto de jogos, além da experiência de usuário, é muito importante a experiência de *gameplay*. Ambas as experiências estão intrinsecamente interligadas.

Como exposto em Ermi (2011), a experiência de *gameplay* consiste na sensação e engajamento que um jogador vivencia ao interagir com um jogo em um contexto multifacetado

que abrange elementos como mecânicas de jogo, estética, emoções, imersão, narrativa, realismo e *feedbacks* sensoriais.

Todos estes fundamentos da experiência alinhados para o estabelecimento de uma imersão maior são essenciais para a criação de uma experiência de jogo envolvente e completa.

A interação do jogador com o jogo é possibilitada por dispositivos físicos, como controles, teclados, mouses e light guns. Este trabalho propõe uma nova forma de interação com os jogos de tiro, visando uma experiência mais imersiva e com *feedback* aprimorado, mantendo os princípios de segurança e repetição.

2.4 Light Guns

Light guns são dispositivos de jogos que imitam armas reais, como pistolas ou rifles, usadas para interagir com os jogos virtuais de tiro. Elas registram uma luz ou coordenadas para identificar a posição do impacto do disparo na tela.

Essas armas podem adotar diferentes tecnologias, geralmente simples, mas proporcionando experiências imersivas e intuitivas para os jogadores. Isso permite que eles se sintam realmente parte do jogo, realizando tarefas como identificar alvos, mirar e atirar nos inimigos, esquivar-se de tiros, arremessar objetos, entre outros.

Existem vários tipos de tecnologias para *light guns*, incluindo:

- *Light gun* de luz infravermelha: Usam luz infravermelha para rastrear a posição de um alvo, comumente em sistemas de jogos e simuladores.
- *Light gun* de laser visível: Utilizam um feixe de laser visível e uma câmera para rastrear a posição do impacto do disparo.
- *Light gun* de Light Emitting Diode (LED): Empregam diodos emissores de luz (LEDs) para rastrear a posição do alvo na tela, com sensores como fotodiodos ou fototransistores.

Na década de 80 e 90, as *light guns* foram populares em arcades e consoles de videogame como o NES e o Sega Master System. Elas ofereciam uma experiência de jogo mais realista e imersiva, impulsionando o sucesso do gênero de jogos de tiro.

Entre as *light guns* clássicas mais populares de uso doméstico, destaca-se a NES Zapper. Lançada em 1985 para o NES, foi projetada para funcionar com vários jogos, mas alcançou maior sucesso com "Duck Hunt", jogo lançado em 1984 para o NES, que se tornou o segundo jogo mais vendido para o console, com aproximadamente 28 milhões de cópias

vendidas, consistindo em um dispositivo com gatilho e sensor óptico que emite um feixe de luz para identificar alvos.

Figura 12 – Nintendo NES Zapper.



Fonte: Wikipedia (2016).

A Sega Menacer (Figura 13) é uma *light gun* projetada para o Sega Master System. Ela foi lançada em 1992, e vem com seis jogos, incluindo Body Count e Virtua Cop. Sua tecnologia base é semelhante à da NES Zapper, mas com a distinção de possuir seis botões extras para realizar diversas interações nos jogos.

Além disso, a Menacer possui um sensor que identifica movimentos mais bruscos da arma, permitindo a execução de funcionalidades específicas nos jogos, como recarregar a arma ou trocar a arma atual.

Figura 13 – Sega Menacer.



Fonte: SegaRetro (2010).

Em 1992, a Super Scope (Figura 14), uma *light gun* com design em formato de lança-foguetes, foi lançada para o console de videogame Super Nintendo Entertainment System (SNES). Diferentemente da NES Zapper e da Sega Menacer, a Super Scope apresentava uma tecnologia de sensor mais avançada, o que permitia seu uso a distâncias maiores. Além disso, seu design mais ergonômico proporcionava uma experiência de jogo melhor e mais confortável para sessões de jogo prolongadas.

Equipada com sensores de movimento interno, um escopo eletrônico com mira e um

botão de zoom, a Super Scope possibilitava ampliar a imagem na tela para um detalhamento melhor dos alvos.

Figura 14 – Nintendo Super Scope.



Fonte: Wikipedia (2016).

A Super Scope é compatível com diversos jogos, como "Battle Clash" e "Super Scope 6", projetados especialmente para serem jogados com ela.

A Namco GunCon¹⁰ (Figura 15), lançada em 1995 para o console de videogame PlayStation 1, utiliza a tecnologia de detecção de luz para rastrear a posição da mira da arma na tela. A *light gun* vem com um sensor externo, posicionado sobre o monitor de vídeo do jogo, responsável por identificar e calcular a posição do disparo com base no feixe infravermelho emitido. Esta foi principalmente usada nos jogos "Time Crisis" e "Point Blank".

Figura 15 – Namco GunCon.



Fonte: Wikipedia (2011).

A Sega Saturn Light Gun¹¹ (Figura 16), lançada em 1995 para o console de videogame Sega Saturn, entrou no mercado para competir com a GunCon. Ela utiliza o mesmo princípio de detecção e rastreamento, mas possui um recurso adicional: um mecanismo que simula o recuo da arma quando o jogador atira. Esse recurso é um diferencial importante na experiência do usuário, proporcionando um feedback físico e aumentando o nível de imersão durante o jogo.

¹⁰ <https://en.wikipedia.org/wiki/GunCon>

¹¹ https://segaretro.org/Virtua_Gun

Essa *light gun* foi projetada para ser usada especialmente nos renomados jogos "Virtua Cop" e "The House of the Dead".

Figura 16 – Sega Saturn Light Gun.



Fonte: SegaRetro (2010).

Por volta de 2010, as vendas de light guns nos EUA começaram a declinar, conforme indicado por um relatório do NPD Group¹², que mostrou uma queda de 2,5 milhões de unidades vendidas em 2010 para 1,2 milhões em 2020.

Esse declínio foi motivado pela crescente popularidade dos jogos de tiro em primeira pessoa (FPS), que ofereciam uma experiência mais realista e imersiva do que os jogos tradicionais de tiro. Como esses jogos não exigiam o uso de light guns, tornaram-se mais fáceis e acessíveis para um público mais amplo.

Além disso, houve uma mudança nos hábitos dos jogadores, com uma preferência por jogos que oferecessem mais comodidade, sem a necessidade de periféricos adicionais.

Com a diminuição do uso das light guns, a maioria desses periféricos saiu do mercado. No entanto, ainda é possível encontrar algumas opções disponíveis atualmente, como a Aimtrak Light Gun. Esse periférico foi projetado para ser usado em jogos de computador e no console de videogame Playstation 2, sendo compatível com a maioria dos monitores, projetores e televisões. Utiliza uma tecnologia semelhante à da GunCon, com um sensor óptico posicionado acima da televisão para detectar o laser infravermelho emitido pela arma.

A Aimtrak está disponível em duas versões: uma com feedback tátil e outra sem esse recurso. Ambas se conectam ao dispositivo via USB 2.0.

Por outro lado, a PlayStation Move Sharp Shooter¹³ é mais do que uma simples light gun. Projetada para ser usada em conjunto com o controle de movimento PlayStation Move do

¹² <https://www.npd.com/>

¹³ https://www.playstation.com/content/dam/global_pdc/en/corporate/support/manuals/accessories/ps3-accessories/cechya-zra1e-sharpshoote/CECHYA-ZRA1E%20Sharpshoote1M%24en.pdf

Figura 17 – Aimtrak Light Gun.



Fonte: Ultimarc (2021).

console PlayStation 3 da Sony, ela transforma esse controle em uma light gun, proporcionando uma experiência mais imersiva nos jogos de tiro. Com uma variedade de botões e alavancas, o jogador pode controlar todos os aspectos do jogo sem precisar soltar a "arma".

Figura 18 – Playstation Move Sharp Shooter.



Fonte: Wikipedia (2018).

A PlayStation Move Sharp Shooter emprega tecnologia de detecção de movimento para rastrear a posição da arma. O controle de movimento PlayStation Move é inserido na pistola, enquanto a câmera PlayStation Eye detecta a posição da arma e do jogador no ambiente. Quando o gatilho é pressionado, o controle de movimento emite um feixe de luz colorida, detectado pela câmera. O software do jogo então usa essas informações para calcular a posição do alvo na tela. Além disso, a Move Sharp Shooter é compatível com uma ampla gama de jogos, incluindo "Killzone 3", "Resistance 3" e "SOCOM 4". Ela também apresenta um recurso de recuo, que simula o impacto do ferrolho da arma quando o jogador atira, aumentando ainda mais a imersão. Por outro lado, o Wii Zapper tem a mesma premissa que o periférico da Sony, funcionando como um acessório que transforma o controle remoto Wii Remote e o Nunchuk, do console de videogame Nintendo Wii, em uma única unidade de controle que se assemelha a uma pistola.

A arma utiliza tecnologias de detecção de movimento para rastrear sua posição na

Figura 19 – Nintendo Wii Zapper.



Fonte: Wikipedia (2012).

tela. O Wii Remote está equipado com sensores que identificam a posição e o movimento da arma. Quando o gatilho é puxado, uma câmera detecta as posições dos sensores de infravermelho presentes na barra de sensores do Wii e determina o local atingido pelo disparo na tela.

A Wii Zapper oferece suporte a diversos jogos de tiro no Wii, como "Resident Evil: Umbrella Chronicles" e "Call of Duty: Modern Warfare 3", e inclui um mecanismo de recuo para aumentar a imersão.

Nas décadas de 80 e 90, as tecnologias das *light guns* já estavam estabelecidas, enquanto os jogos continuavam evoluindo. Durante esse período, surgiram muitos jogos adaptados para serem usados com as *light guns*.

Alguns jogos de tiro notáveis que utilizam *light guns*, categorizados como *point-and-click*, foram marcos e receberam críticas positivas devido às suas inovações e interações.

O Duck Hunt apresenta uma mecânica simples em que o jogador utiliza a NES Zapper para atirar em patos na tela. O jogo oferece três modos de jogo diferentes: o modo A, onde o jogador tem três vidas e deve acertar o máximo de patos dentro do limite de tempo; o modo B, semelhante ao modo A, mas com patos voando mais rápido e em padrões diferentes; e o *Clay Shooting*, um modo de tiro ao prato onde o jogador deve acertar discos lançados pelo ar.

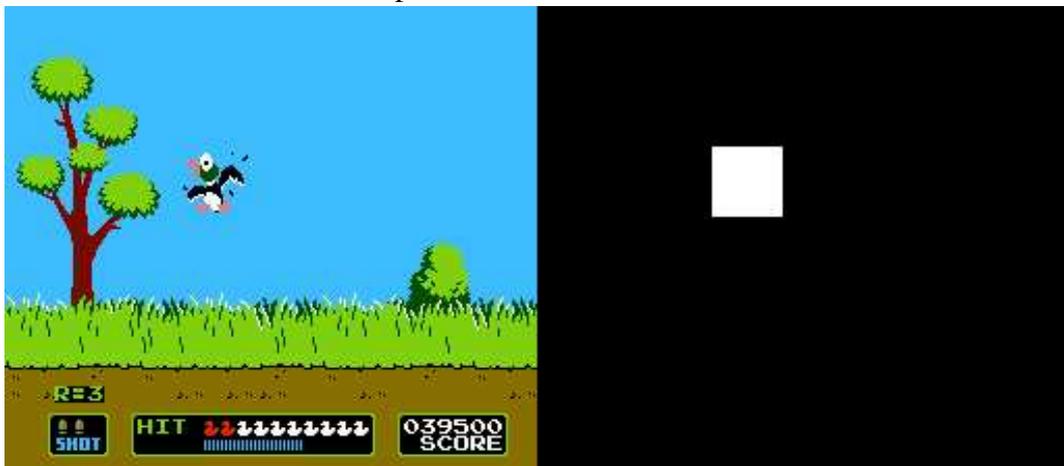
Apesar de sua simplicidade, o funcionamento do jogo é preciso e satisfatório, graças à criatividade dos desenvolvedores ao adaptar a tecnologia da NES Zapper. O sensor da arma, que identifica luz branca na tela, foi uma solução inventiva para identificar alvos em um cenário colorido e complexo, tornando a experiência de jogo desafiadora e envolvente.

Para superar as limitações tecnológicas da arma, os desenvolvedores criaram um artifício por meio da programação do jogo, implementando o seguinte algoritmo:

1. Aguarde o acionamento do gatilho da NES Zapper;
2. Após realizar o disparo, deixe a tela totalmente preta por uma fração de segundo;
3. Adicione um quadrado branco na tela, na mesma posição de onde estava o pato, por uma fração de segundo (Figura 20);

4. Se a luz for detectada, atribua um ponto, visto que o jogador estava com a mira em um pato/quadrado;
5. Caso contrário, o tiro não acertou nenhum alvo pato, então nada acontece;
6. Caso exista mais de um pato na tela, repita o passo 3 para cada um, sempre um quadrado por vez;
7. Volte a tela ao normal, com todos os desenhos, incluindo as figuras dos patos.

Figura 20 – Demonstração do instante em que a tela muda para uma tela preta com um quadrado branco na exata posição do alvo para que a light gun consiga realizar a verificação do acerto ou erro do disparo.



Fonte: o autor.

Um fator adicional que contribui para o enorme sucesso do jogo e o distingue como um marco é o seu foco na experiência do usuário. Duck Hunt oferece uma jogabilidade acessível e eficiente, onde a interação com a light gun é responsiva. Além disso, proporciona um feedback satisfatório, com sons e animações que correspondem aos acertos e erros do jogador, e uma boa visibilidade devido às cores simples, porém contrastantes.

Virtua Cop, desenvolvido pela Sega e lançado para arcade em 1994, também se destaca no cenário dos jogos virtuais de tiro point-and-click. Posteriormente, foi adaptado para o console Sega Saturn e PC.

O jogo se passa em uma cidade fictícia chamada "Virtua City", onde o jogador assume o papel de um policial encarregado de combater o crime. O objetivo principal é completar cada fase eliminando todos os inimigos que surgem na tela, ao mesmo tempo em que se evita acertar personagens inocentes.

Virtua Cop se destaca por oferecer uma experiência de jogo simples, rápida e divertida. Além disso, foi um dos pioneiros a utilizar gráficos poligonais para criar ambientes

Figura 21 – Gameplay do jogo Virtua Cop.



Fonte: Retrogamer (2008).

totalmente tridimensionais em tempo real. Apresenta também avanços significativos na movimentação de câmera e nas animações realistas dos inimigos quando atingidos.

O jogo foi aclamado tanto pela crítica quanto pelo público no momento de seu lançamento, tornando-se um clássico dos jogos de tiro em primeira pessoa.

Point Blank, desenvolvido pela empresa Namco, estreou nos arcades japoneses em 1994. Posteriormente, foi adaptado para consoles de videogame, como o PlayStation em 1997 e o Nintendo DS em 2006.

Figura 22 – Gameplay do jogo Point Blank.



Fonte: Arcade History (2018).

Nesse título, o jogador utiliza a *light gun* para enfrentar diversas fases e minijogos de tiro, que abrangem desde o disparo em objetos até acertar alvos em movimento e derrotar inimigos. O jogo é reconhecido por sua jogabilidade envolvente e desafiadora, combinando

uma estética visual divertida com animações cativantes, enquanto mantém um ritmo acelerado e competitivo.

Além da diversidade de cenários, Point Blank se destaca especialmente em relação à experiência do usuário, oferecendo uma variedade de modos de jogo. Isso inclui um modo cooperativo para dois jogadores, onde trabalham juntos para superar desafios, e um modo versus, onde competem para determinar quem é o mais rápido e preciso em cada cenário.

Time Crisis¹⁴, desenvolvido pela Namco, é um jogo de tiro em primeira pessoa lançado em 1995 nos arcades. Posteriormente, foi adaptado para os consoles PlayStation 1 e Xbox em 1997.

Figura 23 – Montagem de cenas de gameplay do jogo Time Crisis.



Fonte: Retro Game Geeks (2022).

O jogo se destaca por sua jogabilidade única, exigindo do jogador não apenas a habilidade de atirar nos inimigos, mas também a capacidade de se proteger dos disparos adversários, esquivando-se e buscando cobertura. Para isso, é possível utilizar uma pedaleira em conjunto com a *light gun*, permitindo ao jogador se esconder e recarregar sua arma. O objetivo é avançar por vários níveis, cada um com seus próprios desafios, como proteger civis ou enfrentar inimigos mais poderosos que são os chefes dos cenários.

Time Crisis recebeu aclamação tanto da crítica quanto do público, inspirando uma série de sequências e jogos relacionados, como Time Crisis 2, Time Crisis 3 e Time Crisis 4.

¹⁴ https://en.wikipedia.org/wiki/Time_Crisis

Essa série foi elogiada por diversos aspectos, incluindo sua jogabilidade inovadora, gráficos detalhados e uma trilha sonora envolvente. Assim como em Point Blank, Time Crisis oferece uma variedade de modos de jogo, incluindo cooperativo para dois jogadores e um modo versus.

Considerado um dos jogos de tiro em primeira pessoa mais icônicos e influentes de todos os tempos, Time Crisis continua a ser popular entre os fãs do gênero até os dias de hoje.

Em 1996, a SEGA lançou o jogo House of the Dead, um título de tiro point-and-click ambientado em cenários sobrenaturais e macabros, como casas assombradas, laboratórios e mansões fantasmas. No jogo, os jogadores enfrentam hordas de zumbis e criaturas sobrenaturais em uma luta pela sobrevivência.

Figura 24 – Gameplay do House of the Dead.



Fonte: Destructoid (2019).

O jogador enfrenta hordas de inimigos enquanto busca evitar ataques, progredindo por diversos níveis e derrotando chefes de cenário para avançar na trama. House of the Dead é renomado por sua jogabilidade envolvente e seus gráficos detalhados, além de apresentar uma narrativa cativante que aborda o combate ao mal, a sobrevivência da humanidade e o resgate de entes queridos.

Ao longo dos anos, a série House of the Dead inspirou várias sequências e spin-offs, incluindo The House of the Dead 2, The House of the Dead III, The House of the Dead: Overkill e uma versão remasterizada. Considerado um clássico dos jogos rail shooter na categoria point-and-click, continua sendo popular entre os fãs do gênero, elogiado por sua qualidade evolutiva em relação a outros jogos semelhantes. Sua jogabilidade empolgante, narrativa cativante, atmosfera de terror imersiva e múltiplos finais, dependendo do desempenho do jogador, são aspectos

destacados.

Embora a categoria de jogos de tiro point-and-click com uso de light guns tenha passado por mudanças significativas e tenha perdido foco, ainda são encontrados em fliperamas, principalmente de fabricação chinesa, e em áreas de entretenimento de shoppings. Um exemplo contemporâneo desse contexto é o jogo *Enter the Gungeon: House of the Gundead*, um arcade shooter desenvolvido pela Griffin Aerotech e publicado pela Devolver Digital em 2023, disponível exclusivamente para máquinas de arcade.

Figura 25 – Gameplay do *Enter the Gungeon: House of the Gundead*.



Fonte: Devolver Digital (2023).

No jogo, os jogadores exploram um labirinto repleto de armadilhas, inimigos e chefes, controlando um dos vários personagens disponíveis. Toda a interação é feita através da Aimtrak Light Gun, e o jogo pode ser jogado cooperativamente por até dois jogadores.

Com gráficos muito bem trabalhados e detalhados, o jogo oferece uma jogabilidade centrada em mirar e atirar, complementada por partes de exploração. Desafiador devido à quantidade de inimigos, ele também é gratificante, permitindo que os jogadores adquiram e aprimorem suas armas.

Após revisar a história, ascensão e queda das *light guns* e dos jogos *point-and-click*, é evidente que há uma base significativa de jogadores e entusiastas que ainda valorizam essa experiência. Este trabalho busca revitalizar esse nicho de forma prática, atendendo às necessidades dos jogadores com melhorias de UX em imersão, usabilidade, *feedback* e desafio.

Na próxima seção, é apresentada a principal contribuição deste trabalho: a especificação da arquitetura, baseada nas características dos jogos de tiro abordados até agora.

3 ARQUITETURA PROPOSTA

Este capítulo apresenta a principal contribuição deste trabalho, propondo uma solução que redefine a interação com jogos de tiro. É proposta uma arquitetura que revitaliza os jogos point-and-click, substituindo a interação atual por uma nova forma baseada nas tecnologias das light guns.

Essa solução introduz um conjunto de entidades intermediárias que permitem ao jogador interagir de maneira diferente com os jogos convencionais, utilizando um simulacro com um emissor de laser acoplado ao seu cano. Esse sistema dispara um pulso de luz em direção a uma tela projetada, onde hardware e software específicos identificam o ponto atingido e executam o comando correspondente no jogo.

Primeiro, será definido um modelo de referência comparando-o com a arquitetura tradicional e levantando requisitos de implementação. Em seguida, será descrito o modelo de referência, destacando entidades e suas relações.

Com as entidades e relações estabelecidas, será definida a arquitetura, especificando seus componentes formadores (sistemas e subsistemas) e os fluxos de interação entre eles.

3.1 Modelo de Referência

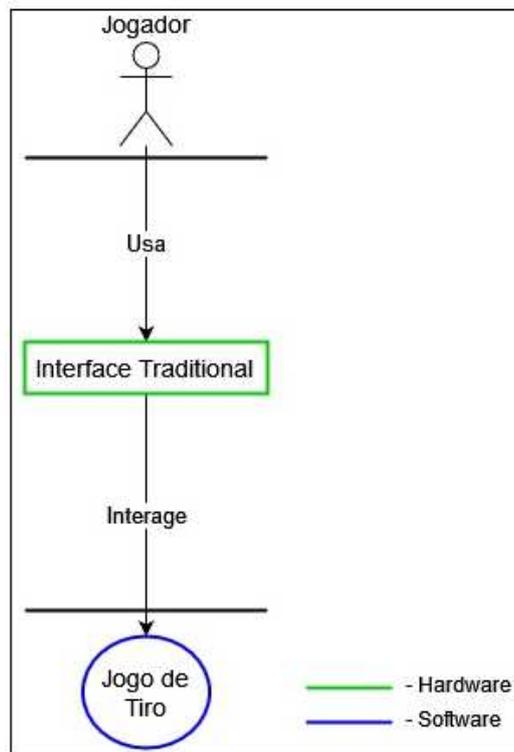
Com base no histórico e nas tecnologias discutidas no capítulo anterior, foi possível estabelecer um modelo de referência da solução para que seja possível viabilizar uma nova interação entre o jogador e o jogo.

Na Figura 26, é ilustrada a relação comum entre um jogador e um jogo de computador. Inicialmente, o jogador interage diretamente com o jogo através de uma interface de computador convencional, composta por um teclado e mouse ou um controle.

Adotando a solução proposta, o fluxo tradicional é transformado, substituindo a interface convencional por uma arma (brinquedo ou simulacro) para interagir com o jogo de tiro sem necessidade de modificá-lo. Portanto, é apresentada a arquitetura na Figura 27, que visa intermediar a interação do jogador com o jogo e inclui as seguintes entidades: um Emissor, um Dispositivo de Saída de Vídeo, uma Câmera, um Capturador e um Calibrador.

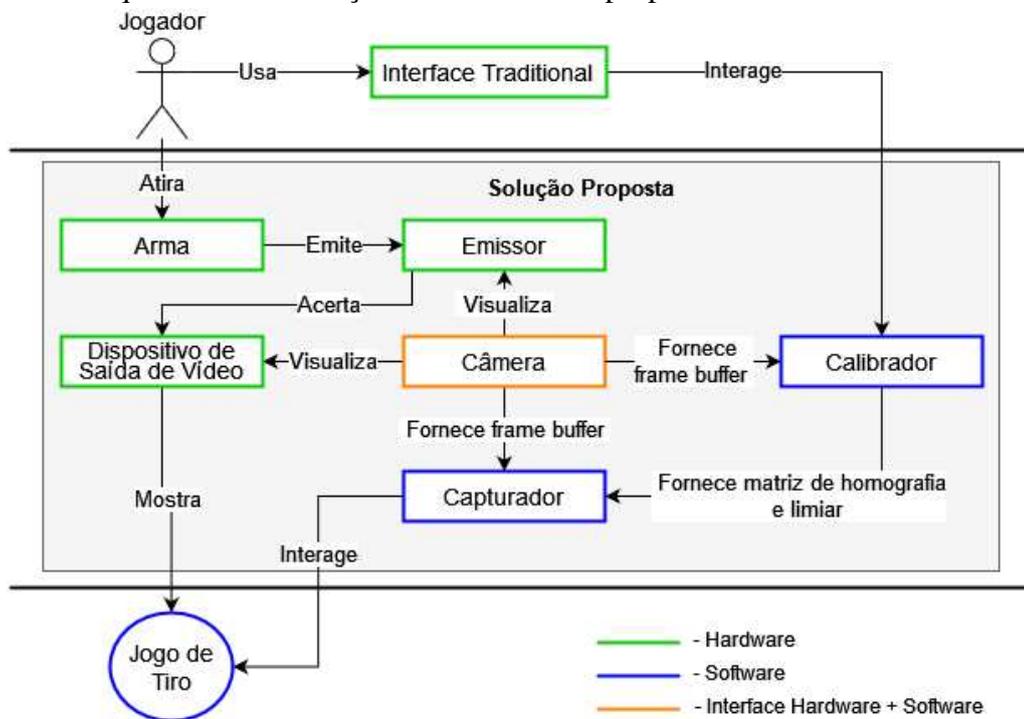
A seguir, são descritos todos os elementos envolvidos na arquitetura proposta.

Figura 26 – Modo de interação tradicional.



Fonte: o autor.

Figura 27 – Arquitetura de interação com a interface proposta.



Fonte: o autor.

3.1.1 Jogador

O Jogador é uma entidade ativa que realiza interações com o jogo. Ele opera a Arma, que serve como interface tangível para essas interações, seguindo as regras e limitações do jogo.

3.1.2 Solução

A solução consiste nos seguintes elementos:

- A **Arma** é a interface direta do Jogador com o jogo, representada por um dispositivo físico que emite som ao ser disparado. A arma de fogo pode ser de diversos tipos, como armas reais ou simulacros físicos.
- O **Emissor** é um componente intermediário de hardware que detecta o som e a vibração do disparo da Arma e emite um pulso de laser.
- O **Dispositivo de Saída de Vídeo** é uma entidade de hardware responsável por exibir a imagem gerada pelo jogo, como uma tela de projetor ou TV.
- A **Câmera** é um componente híbrido de hardware e software que detecta o pulso de laser refletido na tela. A parte de hardware consiste em uma câmera de vídeo posicionada em frente ao Dispositivo de Saída de Vídeo.
- O **Calibrador** é uma entidade de software que fornece cálculos para garantir precisão na identificação dos pulsos de laser, mesmo em ambientes sem controle de iluminação.
- O **Capturador** é uma entidade de software que processa os frames capturados pela câmera e identifica onde o pulso de laser atinge a tela. Ele mapeia o ponto físico na tela para o pixel correspondente no jogo e executa a ação de clique do mouse.

3.1.3 Jogo

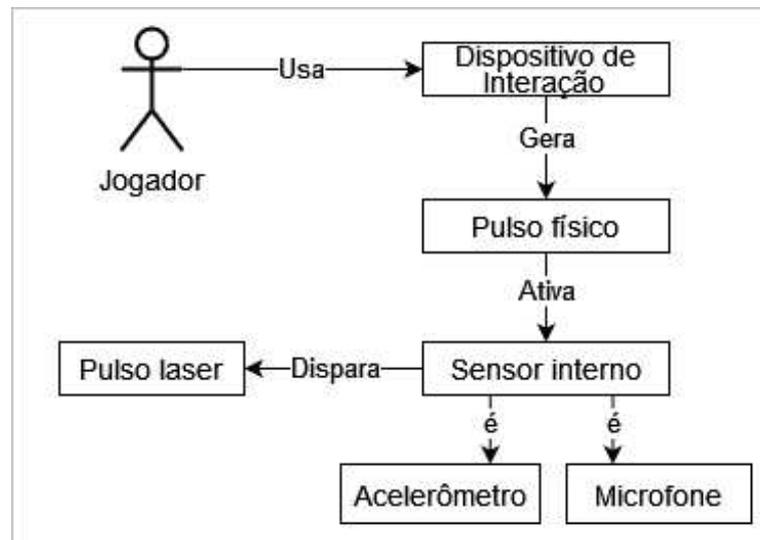
O Jogo é uma entidade de software que estabelece regras, objetivos e desafios para o Jogador. A solução proposta não altera o jogo, apenas manipula entradas (cliques simulados através da solução) e saídas (alterações na interface gráfica apresentada no Dispositivo de Saída de Vídeo).

3.2 Arquiteturas e seus Módulos

Nesta seção, são delineadas as subarquitecturas das entidades da solução proposta, abrangendo o Emissor, o Dispositivo de Saída de Vídeo, a Câmera, o Calibrador e o Capturador, com seus componentes, fluxos e interconexões.

3.2.1 Emissor

Figura 28 – Arquitetura do Emissor.



Fonte: o autor.

A arquitetura do Emissor, dispositivo de disparo de pulso de laser acoplado ao cano da Arma, está ilustrada na Figura 28.

Em linhas gerais, o funcionamento do Emissor segue o seguinte processo:

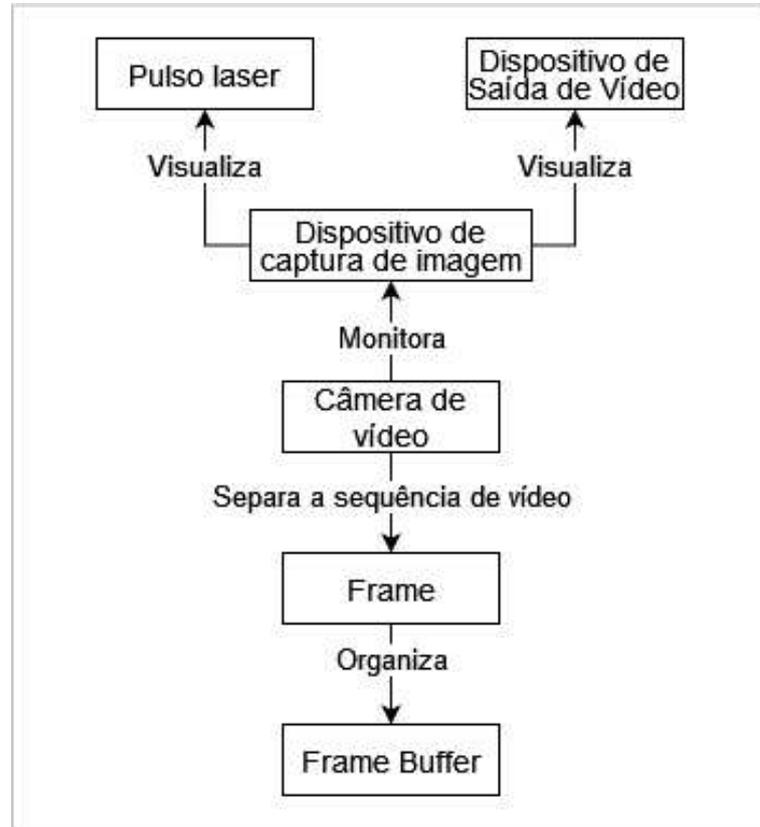
1. O jogador aciona o gatilho da Arma para efetuar o disparo.
2. O precursor da Arma ou um mecanismo equivalente gera vibração ou emite som.
3. O estímulo físico (vibração ou som) ativa um sensor interno no Emissor, como um acelerômetro ou um microfone, por exemplo.
4. Em resposta, o Emissor emite um pulso de laser.

3.2.2 Dispositivo de Saída de Vídeo

O Dispositivo de Saída de Vídeo, geralmente um projetor, uma televisão ou dispositivo similar, exibe as imagens para o jogador. Em termos de arquitetura, é uma entidade intermediária passiva que permite a interação indireta do Emissor com o Capturador.

3.2.3 Câmera

Figura 29 – Arquitetura da Câmera.



Fonte: o autor.

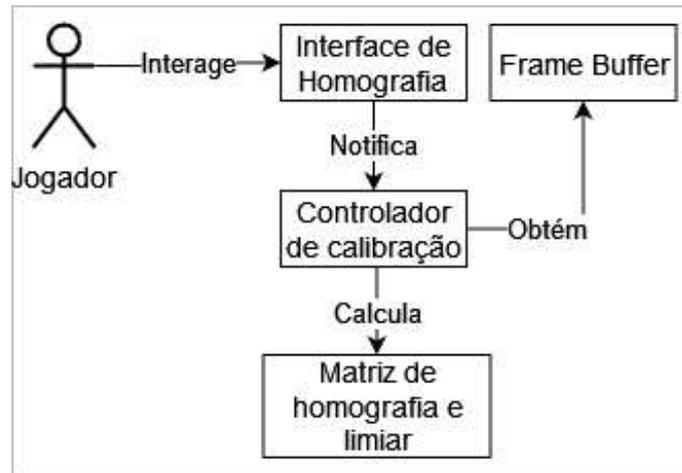
A arquitetura da Câmera, representada pela câmera de vídeo que monitora a imagem exibida no Dispositivo de Saída de Vídeo, é ilustrada na Figura 29. Em termos operacionais:

1. A Câmera monitora a imagem produzida pelo Dispositivo de Saída de Vídeo.
2. Quando detecta um pulso de laser na tela, salva a sequência de vídeo correspondente.
3. Divide a sequência de vídeo em frames individuais.
4. Disponibiliza esses frames individuais para o Calibrador e o Capturador.

3.2.4 Calibrador

A arquitetura do Calibrador, o software que fornece os cálculos básicos para o Capturador, é delineada na Figura 30. Inicialmente, o jogador realiza um procedimento de homografia para compensar a deformação resultante do desalinhamento entre o plano do vídeo da câmera e o plano da projeção do Jogo de Tiro. As operações do Calibrador incluem:

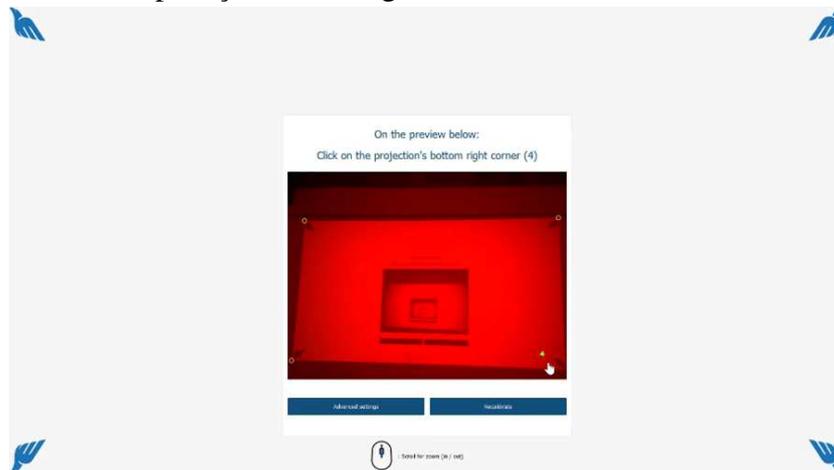
Figura 30 – Arquitetura do Calibrador.



Fonte: o autor.

1. A Interface de Homografia (Figura 31) exibe a visão da câmera e permite que o jogador delimite a projeção, identificando os quatro cantos.
2. O Controlador de Calibração recebe as coordenadas dos quatro pontos e o Frame Buffer base, necessários para calcular uma matriz homográfica.
3. Calcula um limiar com base na luz ambiente e ajuda a determinar se um determinado pixel é um disparo de laser.

Figura 31 – Interface da aplicação da homografia.



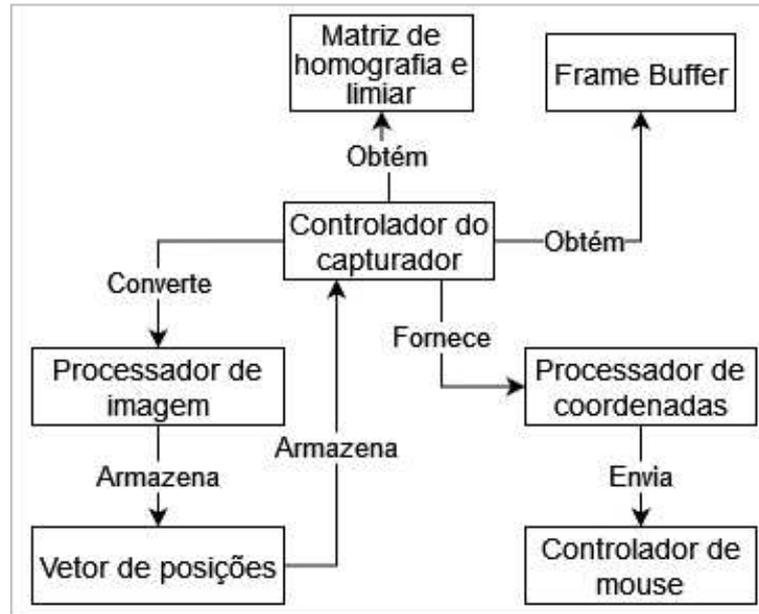
Fonte: o autor.

3.2.5 Capturador

Com base no procedimento de homografia e no cálculo do limiar realizado pelo Calibrador, o Capturador (Figura 32) opera em loop da seguinte maneira:

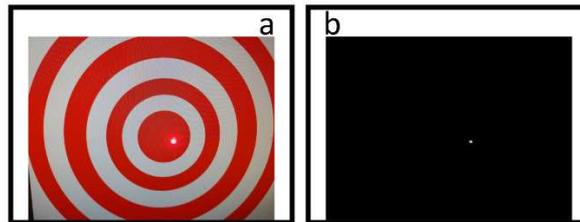
1. Recebe frames da Câmera e os envia para o Processador de imagem através do

Figura 32 – Arquitetura do Capturador.



Fonte: o autor.

Figura 33 – Limiarização do pulso de laser na imagem capturada da tela: a) imagem original e b) imagem binária obtida por limiarização.



Fonte: o autor.

Controlador do Capturador.

2. O Processador de imagem converte a imagem em tons de cinza.
3. Divide a imagem capturada em regiões de acordo com o limiar, separando os pixels correspondentes ao pulso do laser vermelho.
4. Identifica todos os pixels correspondentes ao pulso do laser, calcula o centro desses pixels e armazena suas coordenadas cartesianas no Vetor de posições.
5. O Vetor de posições envia as coordenadas cartesianas ordenadas para o Controlador de calibração.
6. O Controlador do capturador, considerando a matriz homográfica gerada anteriormente, converte o centro do pulso do laser das coordenadas de projeção para as coordenadas do Jogo correspondente.
7. O Controlador de coordenadas envia as coordenadas para o Controlador de mouse posicionar o cursor na respectiva posição do jogo e realizar um comando

de clique do mouse.

O Capturador, o Calibrador e a Câmera estão fortemente interconectados, com a Câmera atuando como uma entidade híbrida, possuindo uma interface de software que se comunica com as entidades de software Calibrador e Capturador.

3.3 Requisitos de Hardware e de Software

Nesta seção, são abordados os requisitos de hardware e software, além das áreas prioritárias no planejamento e desenvolvimento da revitalização da interação com jogos de tiro.

Os requisitos de hardware e software para essa nova interface foram especificados com base em Pinheiro et al. (2016), que realizaram um levantamento do estado da arte dos simuladores de tiro e entrevistaram especialistas da área. Os requisitos identificados são:

RH001 (Essencial) – Laser vermelho: escolhido devido à sua acessibilidade e capacidade de funcionar em ambientes iluminados naturalmente.

RH002 (Essencial) – Câmera: uma webcam que capture pelo menos 60 frames por segundo para garantir precisão na detecção do laser.

RH003 (Opcional) – Tela de projeção: pode ser substituída por uma parede branca para uma projeção homogênea.

RH004 (Essencial) – Projetor multimídia comum: recomendado o uso de projetores portáteis e acessíveis.

RH005 (Desejável) – Sistema de som: para uma experiência imersiva e realista.

RH006 (Essencial) – Computador: para processamento e controle das informações do sistema.

Os requisitos de software identificados são:

RF001 (Essencial) – Calibrador do laser: responsável pelo mapeamento das coordenadas entre o plano da projeção e o da câmera, com calibração rápida e automatizada.

RF002 (Essencial) – Camada de emulação: reproduz as funções de um ambiente para que software de outra plataforma possa ser executado sobre ele, como por exemplo, executar um jogo do Android em um computador Windows usando um emulador.

No próximo capítulo, serão detalhados os componentes e tecnologias utilizadas para implementar a arquitetura apresentada neste capítulo.

4 IMPLEMENTAÇÃO DA ARQUITETURA

Para validar o modelo de referência proposto, foi realizada a implementação de uma versão de cada entidade arquitetural descrita no capítulo anterior. Essa abordagem permitiu uma análise prática das soluções, avaliando sua viabilidade, versatilidade e impacto na jogabilidade com a nova forma de interação.

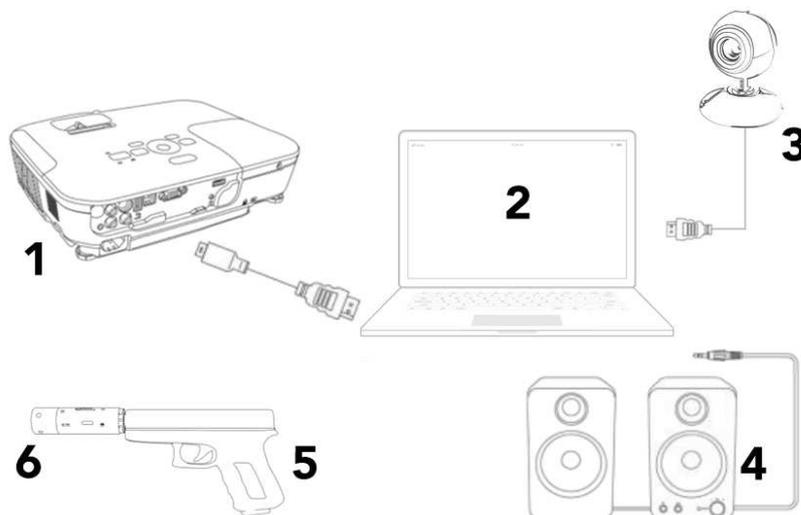
4.1 Sistema Implementado

A descrição da implementação de *hardware* e *software* é apresentada a seguir.

4.1.1 Hardware

Arma, Câmera, Emissor e Dispositivo de Saída de Vídeo são as entidades de hardware que definem a nova forma de interação com os jogos e possuem a seguinte conexão e disposição (Figura 34):

Figura 34 – Dispositivos de Hardware.



Fonte: o autor.

1. **Dispositivo de Saída de Vídeo:** Um projetor multimídia responsável por projetar o sinal de vídeo em uma tela ou parede adequada, conectado a um computador por meio de um cabo HDMI.
2. **Computador:** Este dispositivo é responsável por realizar todo o processamento do jogo, executar o Calibrador e processar os comandos de entrada do usuário. Funciona como um centralizador e gerenciador das outras entidades de *hardware*.

3. **Câmera:** Uma *webcam* utilizada para monitorar a imagem exibida pelo projetor e para comunicação com o Calibrador.
4. **Alto-falantes:** Dispositivos responsáveis por transmitir os sinais sonoros emitidos pelo computador. Embora opcional, aumentam significativamente a sensação de imersão durante o jogo.
5. **Arma:** Um dispositivo utilizado para interação direta do usuário. Pode variar desde uma arma real (arma de fogo) até uma arma de brinquedo, uma arma de Airsoft ou até mesmo uma arma impressa em 3D.
6. **Emissor:** Dispositivo acoplado ao cano da arma, responsável por emitir um pulso de laser quando detecta o disparo da arma.

Para a validação e para realizar os experimentos neste trabalho, foram utilizados os seguintes equipamentos de *hardware* (Figura 35):

Figura 35 – Equipamentos de *hardware* usados no experimento.



Fonte: o autor.

- Projetor Epson Powerlite W10+¹⁵, resolução WXGA (1280x800 pixels, proporção 16:10) nativa e saída HDMI;
- Notebook Lenovo Legion¹⁶ (core i5 8300H 2,30 GHz, 8 GB de RAM DDR4, disco rígido de 1 TB, SSD M.2 2280 de 500 GB e placa gráfica Nvidia 1050TI);
- Webcam Logitech C270¹⁷, resolução de 720p, *framerate* de 30FPS, visão diago-

¹⁵ <https://epson.com.br/Suporte/Projetores/Epson-PowerLite/>

¹⁶ <https://www.lenovo.com/pt/pt/laptops/legion-laptops/legion-yseries/Lenovo-Legion-Y540-15/p/88GMY501214>

¹⁷ <https://www.logitech.com/pt-br/products/webcams/c270-hd-webcam.960000694.html>

nal de 55°, conexão de cabo USB;

- Alto-falantes USB de 6W;
- Armas com características diferentes (brinquedo, airsoft, elétrica e impressa em 3D);
- Emissor laser desenvolvido integralmente com um circuito baseado em microcontrolador ESP32, sensor de acelerômetro, microfone analógico e subsistema de carregamento de bateria com tensão de 3,7V e capacidade de 250mAh. O invólucro do emissor de laser foi projetado com o software Autodesk Inventor¹⁸ e impressa em 3D com a impressora BQ Witbox 2 com o filamento PETG (Figura 36).

Figura 36 – Emissor laser anexado ao cano da arma.



Fonte: o autor.

4.1.2 Software

Para a validação do modelo proposto, foram implementados o Calibrador e o Capturador, conforme descrito na seção anterior. Ambos foram desenvolvidos utilizando o framework multiplataforma Qt¹⁹ e a linguagem de programação C++.

A escolha do framework Qt se deu pela sua robustez em aplicações de computação visual, sua alta portabilidade e eficiência no desenvolvimento de interfaces gráficas. Quanto à linguagem de programação, o C++ foi selecionado por ser a linguagem oficialmente suportada pelo Qt, oferecendo poder e flexibilidade.

A interface foi projetada para ser intuitiva e de fácil configuração, exigindo apenas que o usuário clique em quatro pontos para determinar a localização da projeção. Todo o design da interface foi realizado de forma visual, utilizando a ferramenta de arrastar e soltar do Qt.

¹⁸ <https://www.autodesk.pt/products/inventor/overview>

¹⁹ <https://www.qt.io/>

Para a implementação do Calibrador e do Capturador, foi utilizada a biblioteca OpenCV, reconhecida por seus métodos e funções dedicados à computação visual. Essa biblioteca facilitou a inicialização da câmera, ajuste de parâmetros como brilho, ganho e exposição, bem como o processamento de imagens em cada frame capturado.

Com base na arquitetura definida e nos módulos correspondentes, aliados às ferramentas de desenvolvimento disponíveis, a implementação se mostrou viável e produziu resultados satisfatórios.

No próximo capítulo, será apresentada uma abrangente validação da implementação da arquitetura, destacando sua aplicação prática e análise dos resultados obtidos.

5 VALIDAÇÃO

Neste capítulo, é validada a implementação da arquitetura por meio de experimentação prática e testes conduzidos por um grupo focal, visando coletar dados para análise quantitativa e qualitativa. Inicialmente, foram realizados experimentos práticos com quatro jogos distintos para avaliar a eficácia do sistema implementado. Em seguida, as análises de resultados neste capítulo abordam tanto aspectos técnicos da solução quanto avaliações quantitativas e qualitativas derivadas do grupo focal. Os experimentos forneceram insights valiosos sobre a usabilidade e desempenho do sistema, enquanto os testes com o grupo focal permitiram uma compreensão mais aprofundada da experiência do usuário e das percepções sobre a nova forma de interação com os jogos de tiro. As análises quantitativas se concentraram em métricas objetivas, como precisão, velocidade de resposta e taxa de sucesso nas interações, enquanto as qualitativas exploraram aspectos subjetivos, como experiência imersiva, facilidade de uso e satisfação do usuário. Os resultados dessas avaliações forneceram uma visão abrangente do desempenho e aceitação da implementação da arquitetura proposta, contribuindo significativamente para a validação e refinamento contínuo do sistema. No próximo capítulo, é apresentada uma discussão detalhada dos resultados obtidos, destacando insights importantes e possíveis direções futuras para aprimoramento do sistema.

5.1 Jogos Testados

Os jogos utilizados e testados com a solução proposta seguiram duas abordagens distintas. A primeira envolveu o desenvolvimento de dois protótipos específicos, enquanto a segunda incluiu dois jogos de terceiros já disponíveis comercialmente.

5.1.1 Protótipos

Os protótipos foram concebidos para garantir total compatibilidade com o uso de armas a laser, apresentando características inerentes aos jogos de tiro *point-and-click*. Eles foram desenvolvidos usando o motor de jogos Unity3D²⁰, com programação em C Sharp no ambiente Visual Studio²¹.

A escolha da Unity3D como plataforma de desenvolvimento se deu pela sua facilitação

²⁰ <https://unity.com/pt>

²¹ <https://visualstudio.microsoft.com>

dade de aprendizado, disponibilidade gratuita para este contexto, comunidade ativa e ampla gama de recursos e bibliotecas. Para a criação dos elementos gráficos necessários, foram utilizados os softwares Adobe Photoshop (2D) e Blender (3D).

O Photoshop e o Blender foram selecionados por sua ampla utilização e recursos robustos, além de oferecerem vasta documentação e uma comunidade ativa de usuários.

Os protótipos foram projetados para representar tanto um jogo atual quanto um clássico, inspirando-se nos cenários realistas dos jogos de tiro em primeira pessoa (FPS) contemporâneos, como CS, e nos jogos tradicionais de tiro ao alvo encontrados em parques de diversões.

O primeiro protótipo, intitulado "Progressão Tática", coloca o jogador em um cenário 3D, onde devem ser atingidos alvos de ameaças e evitar acertar placas de civis. Conforme os alvos hostis são eliminados, a câmera segue um caminho predefinido para outro local no cenário, apresentando mais desafios. Esse ciclo se repete até a conclusão do percurso, momento em que os resultados e pontuações do jogador são exibidos em um relatório e registrados em uma tabela de classificação.

Figura 37 – Jogo protótipo de Progressão Tática.



Fonte: o autor.

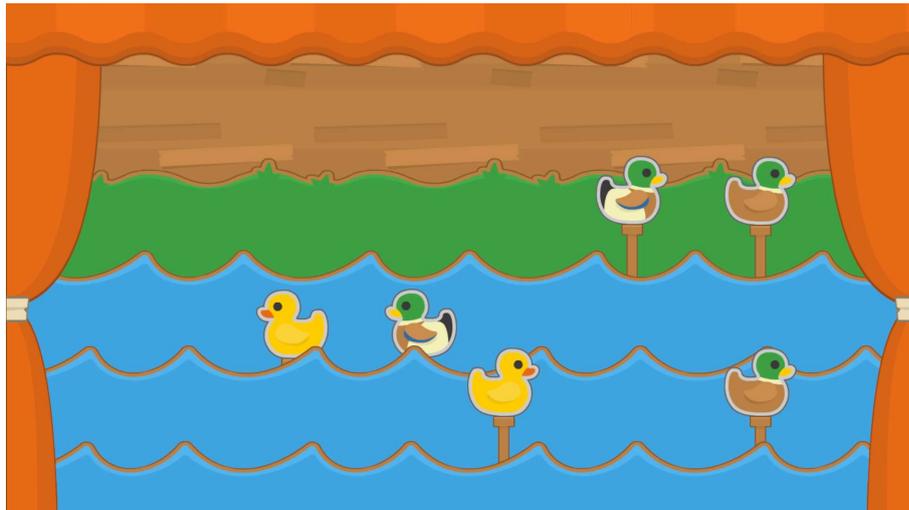
O segundo protótipo, Duck Shooting (Figura 38), é uma adaptação virtual do clássico jogo encontrado em parques de diversões, no qual placas metálicas com formato de patos se movem lateralmente, desafiando o jogador a acertá-las.

Este protótipo preserva a mecânica do jogo físico tradicional, mas oferece uma experiência mais dinâmica e lúdica, fornecendo feedbacks em tempo real e exibindo pontuações durante o jogo.

A utilização da arma para interagir com o protótipo eleva o nível de imersão e envolvimento do jogador, proporcionando uma experiência mais atrativa do que a encontrada em parques de diversões reais.

Esses dois protótipos de jogos, especialmente desenvolvidos para o uso de armas a laser, foram empregados para avaliar a viabilidade da solução proposta e verificar a eficácia da interação do jogador com eles.

Figura 38 – Jogo protótipo “Duck Shooting”.



Fonte: o autor.

5.1.2 Jogos *Third-Party*

Testar a solução em jogos de terceiros sem fazer modificações é crucial para validar a interação do jogador com a arma equipada com o dispositivo emissor de laser. Essa abordagem proporciona uma visão realista de como a solução se comporta em diferentes contextos de jogos.

Dois jogos distintos foram selecionados para esses testes. No primeiro, foi explorado um *rail shooter* que originalmente utiliza interação de clique do mouse, a fim de avaliar a adequação da solução proposta. No segundo teste, foi empregado um jogo mobile para examinar a versatilidade da solução em diferentes plataformas.

Esses dois jogos foram escolhidos por serem de fácil e rápido entendimento, sendo bons para a realização dos experimentos, e por possuírem as características de jogos de tiro *point-and-click* bem explícitas.

O primeiro jogo, *Mad Bullets*²² (Figura 39), é um título multiplataforma desenvol-

²² <https://www.istomgames.com/products/madbullets>

vido em 2016 pela empresa húngara isTom Games. Ambientado no velho oeste, trata-se de um *rail shooter* no qual o jogador é conduzido automaticamente por caminhos pré-definidos e enfrenta inimigos, resgata vítimas, coleta itens e cumpre missões.

A mecânica do jogo requer que o jogador gerencie e recarregue a arma após esgotar a munição do tambor. Para promover a competição entre os jogadores, o jogo mantém um sistema de pontuação global.

Para o experimento, foi utilizada a versão para computador disponível na plataforma de jogos digitais Steam²³. Este jogo foi escolhido por representar a essência dos clássicos jogos de tiro com *light guns*, modernizando-se com gráficos, animações e efeitos contemporâneos.

Figura 39 – Captura de tela do gameplay do Mad Bullet da isTom Games.



Fonte: TOUCHARCADE (2014).

O segundo jogo, Smash Hit²⁴ (Figura 40), é um título disponível para dispositivos móveis Android e iOS, desenvolvido pela empresa sueca Mediocre Studios em 2014. O jogo pertence ao gênero *infinite runner*, onde o jogador avança continuamente através de um cenário repleto de obstáculos.

A mecânica central do jogo envolve o lançamento de esferas metálicas para destruir obstáculos e cristais, que fornecem munição adicional (em forma de esferas), permitindo ao jogador continuar progredindo. Caso o número de esferas disponíveis se esgote, o jogo termina.

A interação no Smash Hit envolve o toque na tela do smartphone para lançar as esferas. A progressão e a pontuação são determinadas pela distância máxima percorrida pelo jogador.

²³ <https://store.steampowered.com/>

²⁴ <http://www.smashhitgame.com/>

Figura 40 – Captura de tela do gameplay do jogo Smash Hit da Mediocre Studios.



Fonte: captura de tela do autor.

No experimento, foi escolhido este jogo devido à sua natureza como um *infinite rail shooter* móvel, permitindo uma validação mais aprofundada da nova forma de interação e da experiência do jogador. Além disso, demonstra a adaptabilidade da solução proposta ao ser utilizada em um jogo mobile, originalmente sem suporte para interação baseada em mouse. Para isso, foi utilizado o emulador Android BlueStacks²⁵ que consiste em um *software* que emula o sistema operacional Android em um computador, sendo possível executar aplicativos mobile no computador como se estivesse em um *smartphone*.

5.2 Elementos da solução

A parte técnica da solução é fundamentada no modelo de referência delineado no capítulo 4, sendo implementada por meio dos seguintes elementos: o ambiente, o emissor de laser e as armas.

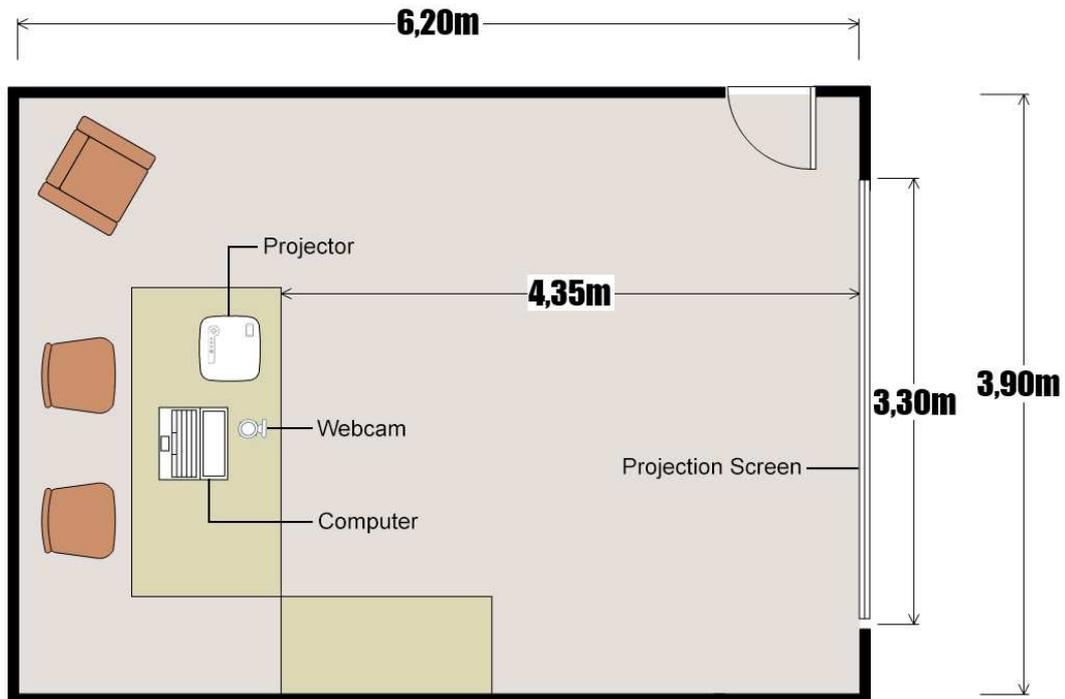
5.2.1 Ambiente

Os experimentos foram conduzidos em uma sala localizada na *cave* de uma incubadora de empresas na cidade de Évora, Portugal. Esta localidade foi escolhida devido ao suporte e às oportunidades disponíveis para implementar e validar a arquitetura proposta. As dimensões da sala estão representadas na Figura 41.

O ambiente é equipado com mesas para acomodar os equipamentos, cadeiras para os

²⁵ <https://www.bluestacks.com/>

Figura 41 – Especificações do ambiente utilizado no experimento.



Fonte: o autor.

participantes dos testes, e uma parede branca para receber a projeção do jogo. Além disso, há um controle de luz para proporcionar uma experiência imersiva aos jogadores.

Não há limitações específicas em relação às dimensões da sala ou distâncias entre os equipamentos. A solução operará corretamente contanto que a câmera tenha uma visão completa da projeção.

Quanto à influência das fontes de luz, a função de ajuste de limiar do Calibrador (descrita no capítulo 4) automaticamente adapta os parâmetros da câmera, eliminando a necessidade de um controle estrito da iluminação ambiente na sala.

A única consideração é que as fontes de luz ambiente não devem ser mais intensas do que a luz emitida pelo emissor de laser. Para otimizar a visibilidade da projeção, foi usada uma sala com baixa incidência de luminosidade para o experimento.

5.2.2 *Emissor Laser*

Um emissor de laser vermelho foi utilizado devido à sua visibilidade ao olho humano, o que o torna mais adequado para os testes. Sua cor vermelha auxilia o capturador na identificação precisa do ponto do laser, conforme descrito no fluxo de funcionamento do Calibrador, além de facilitar ao jogador avaliar a precisão do tiro.

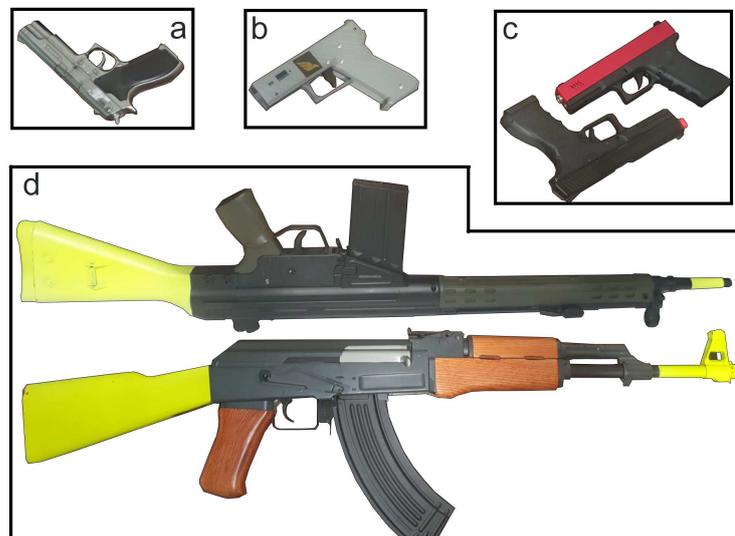
No entanto, o motivo técnico principal para essa escolha é que a captação de um laser visível por uma câmera é menos suscetível a influências de luz externa em comparação com um laser infravermelho. Isso se deve ao fato de que a luz ambiente e mesmo a luz solar são fontes de luz infravermelha.

Portanto, ao usar uma câmera para detectar um laser infravermelho, a presença de luz ambiente ou luz solar pode causar falsos positivos, o que não ocorre com um laser visível.

5.2.3 Armas

Para realizar os experimentos, uma ampla variedade de armas de diversas categorias foram empregadas, conforme ilustrado na Figura 42: (a) uma arma de brinquedo de espoleta, (b) uma pistola impressa em 3D com gatilho e percussor acionados por molas, (c) uma pistola de Airsoft a gás Glock 19 e (d) rifles Airsoft elétricos G3 e AK47. Essa diversidade permitiu avaliar o funcionamento adequado do laser em diferentes contextos e também analisar os níveis de imersão em relação ao realismo das armas utilizadas.

Figura 42 – Armas utilizadas e testadas nos experimentos.



Fonte: o autor.

5.3 Conclusão e Resultados Técnicos

Para este estudo, foram conduzidas duas fases de testes distintas. A primeira fase teve um caráter estritamente técnico, enquanto a segunda envolveu a participação de um grupo de indivíduos para simular o uso prático da solução. Isso permitiu uma análise mais aprofundada

dos resultados e da satisfação dos jogadores com a nova forma de interagir com os jogos.

Na primeira fase, foram realizados testes detalhados dos componentes técnicos da solução, visando obter resultados quantitativos que complementassem o experimento, como demonstrado na Figura 43.

Figura 43 – Uso prático da solução proposta.



Fonte: o autor.

Considerando a utilização da solução proposta, foram alcançados os seguintes resultados:

- O Calibrador demonstrou um nível de reconhecimento do laser próximo a 100%, indicando que todos os disparos foram identificados com precisão e convertidos em cliques do mouse.
- Ao implementar um recurso de *debug* no código do calibrador, foi constatado que o tempo de processamento para a interação de entrada do jogador variou entre 13 e 21 milissegundos. Esse intervalo representa o tempo total desde o momento em que o jogador dispara o feixe de laser até o instante em que o computador executa o clique correspondente no jogo.
- Os tempos mencionados são insignificantes e imperceptíveis para os usuários, uma vez que é amplamente aceito que 100 milissegundos é o limite de percepção humana para alterações em uma interface gráfica do usuário (NIELSEN, 1994).
- O software Calibrador ocupa 60 MB de armazenamento em disco, utiliza em média 148 MB de RAM e requer 25% de utilização da CPU.
- Os jogos do experimento ocuparam no máximo 500 MB de armazenamento em disco e 1 GB de memória RAM.
- Todos os jogos mantiveram uma consistente taxa de 60 FPS nas configurações

do computador descritas neste capítulo.

- Observaram-se alguns atrasos de entrada (input lag) entre os cliques do mouse realizados no jogo e sua reprodução na tela de projeção mediante observações durante o desenvolvimento e por meio de gravações da tela de projeção. Esses atrasos podem ser atribuídos à alta latência do projetor e à baixa taxa de quadros da webcam, o que pode afetar a jogabilidade em jogos dinâmicos com movimentos laterais rápidos.
- O Emissor apresentou alguns falsos positivos ao utilizar apenas o microfone interno, devido à emissão de som durante a liberação do gatilho da arma. No entanto, quando o microfone interno e o acelerômetro interno foram usados simultaneamente, o dispositivo emitiu todos os disparos de laser corretamente, detectando a vibração da arma.

Na próxima seção, será apresentada uma segunda fase de testes do experimento, utilizando um grupo focal para a obtenção de resultados qualitativos e práticos sobre a eficácia, viabilidade e aceitação da solução.

5.4 Validação da Solução com Grupo Focal

Para concluir de forma abrangente este trabalho e alcançar uma compreensão mais precisa da experiência prática com a arquitetura implementada, foi realizado um processo de validação em caráter quantitativo e qualitativo. Esse processo envolveu a participação de um grupo focal, cujo objetivo foi utilizar e expressar opiniões sobre a solução proposta neste estudo.

5.4.1 Grupo Focal

A técnica do grupo focal, que teve sua origem na década de 1940, tem sido amplamente empregada em várias áreas de pesquisa, incluindo marketing, publicidade, comunicação e avaliação de software (STEWART e SHAMDASANI, 1998). Essa abordagem envolve a realização de discussões em grupo para coletar informações qualitativas com base nas experiências e interações dos participantes. O grupo focal pode ser definido como uma técnica de pesquisa que facilita debates abertos e acessíveis sobre um tópico específico de interesse comum aos participantes (MORGAN et al., 1998; BAUER e GASKELL, 2017).

5.4.2 *Participantes do Grupo Focal*

No grupo focal, é crucial que os participantes compartilhem interesses relacionados ao tema de pesquisa, que, neste caso, é o interesse por jogos, mesmo que em diferentes níveis de envolvimento.

A técnica para selecionar os participantes foi a amostragem por conveniência (GOLZAR et al., 2022) que consiste em um método de seleção utilizado em pesquisas e estudos estatísticos que se baseia na escolha dos participantes de maneira mais fácil ou acessível para o pesquisador, em vez de seguir um processo aleatório ou estruturado de seleção.

Após entrevistar dez pessoas, foram selecionados cinco com interesses semelhantes pelo tema central, mas com diferentes características em relação à nacionalidade, ocupação e experiência prévia com jogos digitais, jogos de tiro e armas reais. A seguir os perfis desses cinco participantes:

- **Perfil 1**

O primeiro participante é português, do sexo masculino, com 32 anos de idade e trabalha como administrador/contabilista. Ele é um jogador casual em diversos gêneros de jogos, mas possui habilidades avançadas em jogos de tiro. Além disso, possui experiência anterior com armas de fogo adquirida durante seu serviço na força aérea portuguesa.

- **Perfil 2**

A segunda participante é brasileira, do sexo feminino, com 23 anos de idade e está cursando mestrado em turismo. Ela não possui experiência prévia com jogos digitais ou contato direto com armas.

- **Perfil 3**

O terceiro participante é britânico, do sexo masculino, com 27 anos de idade e trabalha como desenvolvedor de jogos. Ele possui ampla experiência em diversos gêneros de jogos digitais, mas tem pouca experiência em jogos de tiro. Além disso, já teve contato com armas de fogo reais e treinou com armas de pressão.

- **Perfil 4**

A quarta participante é brasileira, do sexo feminino, com 24 anos de idade, empreendedora na área de marketing digital e instrutora de *fit dance*. Ela joga ocasionalmente e não tem experiência com qualquer tipo de arma.

- **Perfil 5**

O quinto participante é brasileiro, do sexo masculino, com 26 anos de idade e atua como empreendedor na área de marketing digital. Ele joga de forma casual e tem pouca experiência em jogos de tiro, além de nunca ter tido contato com armas de qualquer tipo.

5.4.3 *Experimento*

O experimento consistiu na validação prática da solução proposta neste trabalho em comparação com a forma tradicional de interação (uso do mouse) em jogos virtuais de tiro.

Cada participante foi convidado a testar os quatro jogos mencionados anteriormente. Inicialmente, cada participante jogou cada um dos jogos de forma tradicional, utilizando um mouse, e posteriormente jogaram com a solução proposta (arma laser). Para garantir padronização e consistência, foram seguidas algumas regras durante o experimento:

- Todos os participantes receberam uma demonstração e explicação detalhada de cada jogo antes de começarem a jogar.
- Os participantes testaram os jogos individualmente e separadamente para evitar influências externas.
- O ambiente físico e os dispositivos de hardware de áudio e vídeo foram idênticos para todos os participantes, garantindo uma experiência sensorial uniforme.
- Uma airsoft Glock 19 com gás (Figura 42.c) foi utilizada como arma para o experimento, devido ao seu peso e ao mecanismo de recuo ativo do ferrolho, proporcionando uma experiência mais realista e imersiva.
- O tempo de uso de cada participante foi aproximadamente uma hora para cada um dos quatro jogos, tanto utilizando o mouse quanto a solução com a arma laser.
- Cada participante jogou cada jogo apenas uma vez, alternando entre o uso do mouse e a solução proposta. Isso permitiu uma análise direta da diferença entre as interfaces de interação.

Todas as regras foram explicadas aos participantes, que assinaram um termo de consentimento (Apêndice A) para participarem do experimento.

O experimento foi realizado no dia 9 de junho de 2023 pela manhã e todos os participantes participaram no mesmo dia.

Após o uso individual dos jogos, um grupo focal foi realizado com todos os participantes em um local calmo e confortável, aproximadamente seis horas após a aplicação do

experimento. Durante o grupo focal, cada participante teve a oportunidade de expressar suas opiniões sinceras sobre a experiência do experimento e a nova forma de jogar em comparação com o método tradicional.

5.4.4 Análise Quantitativa

Primeiramente, a Figura 44 ilustra os resultados do experimento, exibindo as pontuações individuais alcançadas pelos participantes em cada jogo, tanto utilizando o mouse quanto a pistola laser.

Figura 44 – Resultados dos participantes do experimento organizados por jogo e interação.

	Profile 1		Profile 2		Profile 3		Profile 4		Profile 5	
	Mouse	Solution								
Duck Shooting	3980	3680	2960	2480	3970	3730	4760	3820	4740	4990
Tactical Progression	9,2	6,49	7,38	0,69	11,25	6,88	8,6	3,18	10,7	4,55
Smash Hit	1950	1571	825	1238	2237	1121	1887	2179	1696	2278
Mad Bullet	26262	6500	5225	8200	9115	12834	11927	2450	10451	13000

Fonte: o autor.

Com base nas pontuações ordenadas (Figura 45) e nos perfis dos participantes, foram realizadas as seguintes análises:

- O participante P1 obteve uma pontuação superior ao utilizar o mouse em comparação com a solução da pistola laser, evidenciando sua experiência prévia com jogos de tiro virtuais tradicionais. Ele levou um tempo para se adaptar a uma nova forma de interação com os jogos.
- P2, a participante com menos experiência em jogos digitais, apresentou resultados baixos em todos os jogos e em ambas as formas de interação (mouse e pistola laser). Isso provavelmente se deve à falta de familiaridade com qualquer tipo de interação com jogos e à dificuldade em compreender os objetivos e as interfaces gráficas dos jogos.
- P3 e P4, que possuem familiaridade com jogos, demonstraram maior consistência entre as duas formas de interação, sem apresentar preferência específica por uma delas.
- O participante P5, que nunca teve contato prévio com armas, obteve uma melhor desempenho com a solução da pistola laser. Ele conseguiu quase todas as suas pontuações usando a pistola laser, em comparação com o mouse, e foi o melhor em dois jogos (Duck Shooting e Smash Hit) utilizando a pistola laser.

Figura 45 – Pontuações de cada jogo ordenadas por ordem decrescentes.

Duck Shooting			Tactical Progression		
1	P5 (solution)	4990	1	P3 (mouse)	11,25
2	P4 (mouse)	4760	2	P5 (mouse)	10,7
3	P5 (mouse)	4740	3	P1 (mouse)	9,2
4	P1 (mouse)	3980	4	P4 (mouse)	8,6
5	P3 (mouse)	3970	5	P2 (mouse)	7,38
6	P4 (solution)	3820	6	P3 (solution)	6,88
7	P3 (solution)	3730	7	P1 (solution)	6,49
8	P1 (solution)	3680	8	P5 (solution)	4,55
9	P2 (mouse)	2960	9	P4 (solution)	3,18
10	P2 (solution)	2480	10	P2 (solution)	0,69

Smash Hit			Mad Bullet		
1	P5 (solution)	2278	1	P1 (mouse)	26262
2	P3 (mouse)	2237	2	P5 (solution)	13000
3	P4 (solution)	2179	3	P3 (solution)	12834
4	P1 (mouse)	1950	4	P4 (mouse)	11927
5	P4 (mouse)	1887	5	P5 (mouse)	10451
6	P5 (mouse)	1696	6	P3 (mouse)	9115
7	P1 (solution)	1571	7	P2 (solution)	8200
8	P2 (solution)	1238	8	P1 (solution)	6500
9	P3 (solution)	1121	9	P2(mouse)	5225
10	P2 (mouse)	825	10	P4 (solution)	2450

Fonte: o autor.

5.4.5 Análise Qualitativa

Os resultados do grupo focal são detalhados abaixo, acompanhados de alguns pontos destacados e citações dos participantes:

- Todos os participantes expressaram que a nova solução é significativamente mais envolvente e divertida do que a abordagem tradicional.

P1 – “A experiência foi fantástica. Usar a solução com a arma proporcionou uma imersão muito melhor.”

P2 – “Eu achei muito legal. Mesmo sendo ruim em jogos, usando o mouse, você demora para acertar o alvo e fica entediado, enquanto com a arma, você vai direto e é mais emocionante. Me prendeu mais.”

P3 – “Gostei bastante. A experiência com a arma foi muito melhor do que com o mouse. Também gostei das escolhas dos jogos.”

P4 – “Achei a experiência muito boa. Com o mouse, era muito frustrante quando os alvos se moviam, mas com a arma, a experiência de entretenimento foi incomparável. Era muito mais dinâmico e divertido.”

P5 – “Foi divertido. É uma experiência diferente, especialmente porque não estamos acostumados a usar uma arma nesse contexto. É uma novidade que torna o jogo mais empolgante.”

- O participante P4 enfatizou a importância do ambiente escuro, com um bom projetor e sistema de som, para criar a imersão ideal.

P4 – “O som estava ótimo, e o ambiente escuro ajudou bastante. O tamanho da tela e a distância também contribuíram para uma experiência imersiva.”

- O participante P2 mencionou que o uso da arma laser adiciona um novo nível de interatividade ao cenário do jogo.

P2 – “Com a arma, você se sente realmente parte do jogo.”

- O participante P1 relatou fadiga muscular devido ao peso da arma, mas considerou isso como parte da experiência e da imersão.

P1 – “Não gostei tanto do jogo da Steam, pois não tem fim e é bastante cansativo com a arma, pois ela vai ficando pesada com o tempo.”

- Alguns participantes expressaram que a arma utilizada no experimento não foi a escolha ideal.

P1 – “A arma não era ideal para aquele tipo de cenário. Seria melhor uma airsoft com algum sistema de suporte para não precisar se preocupar com a bateria.”

P2 – “Eu preferiria uma arma mais voltada para jogos, pois achei a arma realista demais, algo que usaria para treinamento sério.”

Os resultados gerais são os seguintes, considerando os relatos dos participantes e aspectos técnicos:

- Os participantes apreciaram a experiência e a solução proposta neste trabalho, adotando-a de forma natural.
- Observou-se que, nos jogos testados, o mouse foi mais preciso e rápido em jogos com telas estáticas como “Duck Shooting” e “Tactical Progression”.
- No entanto, nos jogos mais dinâmicos como “Smash Hit” e “Mad Bullet”, nos quais os alvos estão em movimento constante, a arma laser apresentou melhor desempenho e foi mais imersiva.
- Embora P1 e P3 já tivessem experiência com armas reais, isso não proporcionou uma vantagem significativa sobre os demais participantes, diferindo apenas na postura ao segurar a arma.

- A solução proporcionou mais liberdade de movimento aos jogadores, permitindo-lhes explorar novos ângulos de visão e interagir de maneira mais dinâmica com os jogos.
- Embora o atraso de entrada (*input lag*) possa afetar a experiência do jogador e a precisão do jogo, os participantes não relataram esse problema durante o experimento.

No entanto, observou-se que esse problema de *input lag* pode ser mitigado com o uso de hardware específico, como um projetor com baixa latência de entrada e uma câmera de alta velocidade.

As observações dos participantes indicam que a solução foi viável e ofereceu uma maneira interessante de interagir com os jogos sem modificar sua jogabilidade. Isso permite concluir que a implementação da arquitetura atingiu os principais objetivos ao proporcionar uma experiência de usuário mais imersiva, eficiente, com *feedback* aprimorado e, acima de tudo, divertida.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS E TRABALHOS FUTUROS

Este trabalho propôs uma solução inovadora para capturar feixes de laser e permitir interações precisas e imersivas em jogos de tiro *point-and-click*, sem necessidade de adaptação dos jogos. A solução foi implementada e testada em quatro jogos distintos, incluindo tanto títulos desenvolvidos pelos autores quanto jogos comerciais sem qualquer modificação.

Além do aspecto técnico, que envolveu a arquitetura e implementação da solução, um dos principais objetivos foi proporcionar aos jogadores uma experiência de uso mais envolvente, desafiadora e divertida ao interagir com jogos de tiro no estilo *point-and-click*.

Os resultados obtidos confirmaram os objetivos desta pesquisa, evidenciando que a solução é eficaz. Ela se destaca por oferecer uma abordagem inovadora no quesito da sua implementação e que funciona tanto para jogos antigos quanto para os mais modernos, proporcionando aos jogadores uma experiência cativante e imersiva, enquanto atende a uma demanda há muito existente, associada ao uso de *light guns*.

Entretanto, alguns pontos para melhoria e superação foram identificados. O problema técnico relacionado ao *input lag*, embora não tenha sido significativo, pode ser otimizado. Além disso, a arquitetura pode ser tornada mais flexível e modular para acomodar uma maior variedade de interações, enquanto a questão da experiência do usuário precisa ser refinada para minimizar a fadiga muscular causada pelo peso da arma durante longos períodos de uso.

Como direção para trabalhos futuros, são planejados realizar testes com um número maior e mais diversificado de participantes, abrangendo uma variedade de perfis. Esses testes incluirão avaliações detalhadas de usabilidade do sistema e engajamento do jogador, bem como a coleta de dados específicos, como tempos de resposta e precisão de disparo, utilizando software e hardware especializados.

Além disso, explorar a adaptação de armas reais de fogo, o que aumentaria significativamente o realismo e a imersão, expandindo o alcance e o escopo da pesquisa para áreas como policiamento, forças militares e treinamento de tiro esportivo. Embora essa não seja a ênfase deste trabalho, a arquitetura básica permanecerá a mesma, com a implementação focando em hardware mais robusto e funcionalidades adaptadas às necessidades específicas de cada usuário.

Outra perspectiva interessante é diversificar o uso da solução, testando-a em outros gêneros de jogos, além dos jogos de tiro, contanto que adotem a interação *point-and-click*. Isso abre oportunidades para explorar uma ampla variedade de jogos, como aventura, educativos e simuladores, utilizando a mesma arquitetura com mínimas adaptações e inclusive sem utilizar

armas, as quais podem ser substituídas por outros periféricos adaptados como apontadores de projeções, varinhas, luvas e capacetes.

Com esses desenvolvimentos, é esperado que a solução proposta possa evoluir e oferecer novas alternativas de interação e experiência em jogos, desde a revitalização de jogos antigos até a exploração de novos gêneros e aplicações, como jogos educativos e sérios, contribuindo assim para a inovação e diversidade no campo dos jogos digitais.

REFERÊNCIAS

- AMIR, M. H., QUEK, A., SULAIMAN, N. R. B., AND SEE, J., Duke: enhancing virtual reality based fps game with full-body interactions, in **Proceedings of the 13th International Conference on Advances in Computer Entertainment Technology**, pp. 1–6. 2016.
- ANDERSON, J. W. *et al.*, The Effects of Video Games on Cognition. [S.l.]: **MIT Press**. 2007.
- ARCADE-HISTORY. **Point Blank, Arcade Video game by NAMCO, Ltd. (1994)**. 2018. Disponível em: <https://www.arcade-history.com/?n=point-blank&page=detail&id=1996>. Acesso em: 21 mai. 2023.
- ARMAS, C. de, TORI, R., AND NETTO, A. V., Use of virtual reality simulators for training programs in the areas of security and defense: a systematic review, **Multimedia Tools and Applications**, pp. 3495–3515, 2020.
- BATES, B. W., KELLY, H. W. e CORBIN, D. H., **US1072298A**. 1913. Disponível em: <https://patents.google.com/patent/US1072298A/en>. Acesso em: 28 out. 2023.
- BAUER, M. W. e GASKELL, G., Pesquisa qualitativa com texto, imagem e som: um manual prático. [S.l.]: **Editora Vozes Limitada**. 2017.
- BOWMAN, D. A., KRUIJFF, E., LAVIOLA Jr, J. J. e POUPYREV, I., 3D User Interfaces: Theory and Practice, **Addison-Wesley**, 2004.
- BURDEA, G. e COIFFET, P. Virtual reality technology, **John Wiley & Sons**, New York, N.Y, 1994.
- CONSOLEMODS. **Odyssey:Magnavox Odyssey Light Rifle - ConsoleMods Wiki**. 2022. Disponível em: https://consolemods.org/wiki/Odyssey:Magnavox_Odyssey_Light_Rifle. Acesso em: 23 mai. 2023.
- COOPER, A., About Face 3: The Essentials of Interaction Design. [S.l.]: **Wiley**, 2007.
- COWAN, M. Interactive media and imperial subjects: excavating the cinematic shooting gallery. **NECSUS. European Journal of Media Studies**. 7 (1): 17–44. 2018.
- DESTRUCTOID. **House of the Dead**. 2019. Disponível em: <https://www.destructoid.com/house-of-the-dead-1-2-remakes-officially-confirmed-by-forever-entertainment/>. Acesso em: 28 out. 2023.
- DEVOLVER. **Enter the Gungeon: House of the Gundead**. 2023. Disponível em: <https://www.devolverdigital.com/games/enter-the-gungeon-house-of-the-gundead>. Acesso em: 28 out. 2023.
- ERMI, L., MÄYRÄ, F., Fundamental Components of the Gameplay Experience: Analysing Immersion, [s.l.], **DIGAREC Series**, v. 6, pp. 88-115. 2011.

FREIRE, G. G.; GUERRINI, D. Os Jogos na Sociedade Contemporânea: as Influências dos Avanços Tecnológicos. **Revista de Ensino, Educação e Ciências Humanas**, v. 17, n. 5, p. 463, 30 dez. 2016.

GENTILE, M. J. et al., The Effects of Video Games on Socialization. [S.l]: **MIT Press**. 2009.

GODOY, A. S. Introdução à pesquisa qualitativa e suas possibilidades. **Revista de Administração de Empresas**, v. 35, n. 2, p. 57-63, 1995.

GOLZAR, J.; NOOR, S.; TAJIK, O. Convenience Sampling. **International Journal of Education and Language Studies**, v. 1, p. 72-77, 2022.

GUINNESS. **First home-console light gun**. Disponível em: <https://www.guinnessworldrecords.com/world-records/92331-first-home-console-light-gun>. Acesso em: 24 mai. 2023.

HANCOCK, D. Viewpoint: Virtual reality in search of middle ground, **IEEE Spectrum**, 32(1): 68, Jan 1995.

HAND, C. Other faces of virtual reality. **Multimedia, Hypermedia, and Virtual Reality Models, Systems, and Applications**, p. 107–116, 1996.

JUUL, J., Casual and Hardcore Video Game Players: A Study of Their Motivations and Behaviors. **MIT Press**, 2009.

KINER, C., SISCOOTTO, R. A., Fundamentos de Realidade Virtual e Aumentada, **IX Symposium on Virtual and Augmented Reality**, 2007.

KIRNER, C., TORI, R. e SISCOUTO, R. 2006. Fundamentos e tecnologia de realidade virtual e aumentada. Livro do Pré-Simpósio - **VIII Symposium on Virtual Reality**. Belém.

KRUG, S., Don't Make Me Think. [S.l]: **New Riders Publishing**, 2005.

LAMB, P. **ArtoolKit**. 2007. Disponível em: www.hitl.washington.edu/artoolkit/. Acesso em: 28 de out. 2023.

LEE, J., HUDSON, S., AND DIETZ, P., Hybrid infrared and visible light projection for location tracking, in **Proceedings of the 20th annual ACM symposium on User interface software and technology**, 2007, pp. 57–60.

LUGER, G. F. Inteligência artificial: estruturas e estratégias para a solução de problemas complexos. **Bookman**, Porto Alegre, 2004.

MAIORESEMELHORES. **Os 24 jogos online mais jogados no mundo em 2024**. 2019. Disponível em:

<https://www.maioresemelhores.com/jogos-online-mais-jogados-no-mundo/>. Acesso em: 28 abr. 2024.

MARTINS, V.F., *Processo de Desenvolvimento de Ambientes e Aplicações de Realidade Virtual. Dissertação de Mestrado (Ciência da Computação)*, Universidade Federal de São Carlos, 2000.

MELO-LEITE-JÚNIOR, A. J., GOMES, G. A. M., JUNIOR, N. A. C., DOS SANTOS, A. D., VIDAL, C. A., CAVALCANTE-NETO, J. B., AND GATTASS, M., System model for shooting training based on interactive video, three dimensional computer graphics and laser ray capture, **14th Symposium on Virtual and Augmented Reality**. IEEE, pp. 254– 260. 2012.

MEŠKO, M; TOTH, S. LASER SPOT DETECTION. **Journal of Information, Control and Management Systems**, Vol.11, (2013), No. 1. 2013.

MOLINA, J. P., GARCÍA, A. S., MARTÍNEZ, J., AND GONZALEZ, P., A low-cost vr system for immersive fps games, in **Simposio Espanol de Entretenimiento Digital**, SEED, pp. 119–130. 2013.

MORGAN, D. L., MORGAN, D. L., e KRUEGER, R. A., *The focus group guidebook*. Sage. 1998.

NAHAVANDI, S., WEI, L., MULLINS, J., FIELDING, M., DESHPANDE, S., WATSON, M., KORANY, S., NAHAVANDI, D., HETTIARACHCHI, I., NAJDOVSKI, Z., JONES, R., MULLINS, A., AND CARTER, A., Haptically-enabled vr-based immersive firefighting training simulator, in **Intelligent Computing**, Arai, K., Bhatia, R., and Kapoor, S., Eds. Cham: Springer International Publishing, pp. 11–21. 2019.

NIEBORG, D. e JANSZ, *Motivations of Casual and Hardcore Gamers: A Comparison*. MIT Press. 2009.

NIELSEN, J., *Usability 101*. [S.]: Nielsen Norman Group, 1999.

NIELSEN, J., *Usability engineering*. [S.]: Morgan Kaufmann. 1994.

PATERSON, J. e PATERSON, W. G., **GB190114871A**. 1901. Disponível em: <https://patents.google.com/patent/GB190114871A/en>. Acesso em: 28 out. 2023.

PERRON, B., MARK J.P. WOLF. *The Video Game Theory Reader 2*. Routledge. 2008.

PINHEIRO, E. B., GOMES, G. A., MELO-LEITE-JÚNIOR. A. J., COUNTIONHO E. F., VIDAL, C. A., and CAVALCANTE-NETO J. B. C., Requirements for development of a low cost portable simulator for shooting skill training, in **2016 XVIII Symposium on Virtual and Augmented Reality (SVR)**, 2016, pp. 234–238.

PINREPAIR. 1936. **Seeburg Ray-O-Lite rayolite coin operated arcade gun rifle range game**. 2011. Disponível em: <http://www.pinrepair.com/arcade/rayolit.htm>. Acesso em: 23 mai. 2023.

PINREPAIR. **1971 Midway Wild Kingdom**. 1971. Disponível em: <https://www.pinrepair.com/arcade/wildkin.htm>. Acesso em: 03 fev. 2024.

RANKIS, I., KIPLOKS, J., and VJATERS, J., Shooting simulator system, **Elektronika ir Elektrotechnika**, pp. 1392–1215, 01. 2008.

RETROGAMEGEEKS. **Twitter RetroGameGeeks**. 2022. Disponível em: <https://twitter.com/RetroGameGeeks/status/1538798835866210304>. Acesso em: 21 mai. 2023.

RETROGAMER. **Virtua Cop**. 2008. Disponível em: https://www.retrogamer.net/retro_games90/virtua-cop/. Acesso em: 21 mai. 2023.

ROGERS, E. M. The diffusion of innovation. 4 ed. **New York: The Free Press**, 1995.

ROUNDY, P. T., An “extra life” for the arcade? entrepreneurship, hybridization, and industry renewal, **Journal of Business Venturing Insights**, p. e00178, 2020.

SHELL, J., The Art of Game Design. NY: **CRC, Press**, 2019.

SEGARETRO. **Menacer**. 2010. Disponível em: <https://segaretro.org/Menacer>. Acesso em: 21 mai. 2023.

SEGARETRO. **Virtua Gun**. 2010. Disponível em: https://segaretro.org/Virtua_Gun. Acesso em: 21 mai. 2023.

SOETEDJO, A., ASHARI, M. I., MAHMUDI, A., AND NAKHODA, Y. I., Raspberry pi based laser spot detection, in 2014 **International Conference on Electrical Engineering and Computer Science (ICEECS)**. IEEE, pp. 7–11. 2014.

SOETEDJO, A., MAHMUDI, A., ASHARI, M. I., AND NAKHODA, Y. I., Detecting laser spot in shooting simulator using an embedded camera, **International Journal on Smart Sensing and Intelligent Systems**, pp. 423–441. 2014.

SOETEDJO, A., NURCAHYO, E., AND NAKHODA, Y. I., Development of a cost-effective shooting simulator using laser pointer, in **Proceedings of the 2011 International Conference on Electrical Engineering and Informatics**. IEEE, pp. 1–5. 2011.

SOMMERVILLE, I. Engenharia de software. São Paulo. **9ª Ed. Pearson Education Companion**, 2011.

STEWART, D. W. e SHAMDASANI, P. N., **Focus group research: Exploration and discovery**. 1998.

SUTHERLAND, I. E. 1963. **Sketchpad listings**. Disponível em: <https://en.wikipedia.org/wiki/Sketchpad>. Acesso em: 30 out. 2023.

TORCHARCADE. 2014. **“Mad Bullets” Review – Take Down Mad Dogs and Wild Gunmen In The Old West**. Disponível em: <https://toucharcade.com/2014/07/29/mad-bullets-review/>. Acesso em: 26 mai. 2023.

TORCHELSEN, R. P., SLOMP, M., SPRITZER, A., AND NEDEL, L. P., A point-and-shoot technique for immersive 3d virtual environments, in **VI Brazilian Symposium on Computer Games and Digital Entertainment**. Citeseer, pp. 63–70. 2007.

ULTIMARC. **Light Guns: AimTrak Light Guns**. 2021.

Disponível em: <https://www.ultimarc.com/light-guns/aimtrak-light-gun/>. Acesso em: 21 mai. 2023.

VALVE. **Counter-Strike on Steam**. 2000. Disponível em:

<https://store.steampowered.com/app/10/CounterStrike/>. Acesso em: 28 out. 2023.

VALVE. **DOOM (1993) on Steam**. 2016. Disponível em:

https://store.steampowered.com/app/2280/DOOM_1993/. Acesso em: 21 mai. 2023.

VALVE. **Wolfenstein 3D on Steam**. 2007. Disponível em:

https://store.steampowered.com/app/2270/Wolfenstein_3D/. Acesso em: 21 mai. 2023.

VALVE. **The House of the Dead: remake on steam**. 2022. Disponível em:

https://store.steampowered.com/app/1694600/THE_HOUSE_OF_THE_DEAD_ReRema/. Acesso em: 21 maio. 2023.

VIDEOGAMEHISTORIAN. **Rayolite Rifle Range**. 2015. Disponível em:

<https://videogamehistorian.wordpress.com/tag/rayolite-rifle-range/>. Acesso em: 02 fev. 2024.

VINCE, J., Virtual Reality Systems, **Addison-Wesley**, Reading, MA, 2004.

VOORHEES, G. Chapter 31: shooting. In Perron, Bernard (ed.). **The Routledge Companion to Video Game Studies**. Taylor & Francis. pp. 251–258. 2014. ISBN 9781136290503.

WEI, L., ZHOU, H., AND NAHAVANDI, S., Haptically enabled simulation system for firearm shooting training, **Virtual Reality**, pp. 217–228, 09. 2019.

WIKIPEDIA. **After Burner**. 2020. Disponível em:

https://en.wikipedia.org/wiki/After_Burner. Acesso em: 21 mai. 2023.

WIKIPEDIA. **Duck Hunt**. 2012. Disponível em: https://en.wikipedia.org/wiki/Duck_Hunt.

Acesso em: 23 maio. 2023.

WIKIPEDIA. **Operation Wolf**. 2018. Disponível em:

https://en.wikipedia.org/wiki/Operation_Wolf. Acesso em: 21 mai. 2023.

WIKIPEDIA. **GunCon**. 2011. Disponível em: <https://en.wikipedia.org/wiki/GunCon>. Acesso

em: 21 mai. 2023.

WIKIPEDIA. **NES Zapper**. 2016. Disponível em: https://en.wikipedia.org/wiki/NES_Zapper.

Acesso em: 23 mai. 2023.

WIKIPEDIA. **PlayStation Move**. 2018. Disponível em:

https://en.wikipedia.org/wiki/PlayStation_Move. Acesso em: 21 mai. 2023.

- WIKIPEDIA. **Shooting Gallery (periférico)**. 2022. Disponível em: https://pt.wikipedia.org/wiki/Shooting_Gallery_\\%28perif%C3%A9rico\\%29. Acesso em: 03 fev. 2024.
- WIKIPEDIA. **Space Invaders**. 2008. Disponível em: https://en.wikipedia.org/wiki/Space_Invaders. Acesso em: 23 mai. 2023.
- WIKIPEDIA. **Spacewar**. 2007. Disponível em: <https://en.wikipedia.org/wiki/Spacewar>. Acesso em: 23 mai. 2023.
- WIKIPEDIA. **Super Scope**. 2016. Disponível em: https://en.wikipedia.org/wiki/Super_Scope. Acesso em: 21 mai. 2023.
- WIKIPEDIA. **Wii Zapper**. 2012. Disponível em: https://en.wikipedia.org/wiki/Wii_Zapper. Acesso em: 21 mai. 2023.
- WOLF, M. J. P., Battlezone and the origins of first-person shooting games. Approaches to Digital Game Studies, **G. A. Voorhees, J. Call, and K. Whitlock, Eds. Bloomsbury Publishing**, 2012.
- YOH, M., The reality of virtual reality. **Proceedings Seventh International Conference on Virtual Systems and Multimedia**, 2001.
- ZAKARIA, N. F., ZULKIFLEY, M. A., MUSTAFA, M., AND KARIM, R., A review on laser spot detection system based on image processing techniques, **Journal of Theoretical and Applied Information Technology**, pp. 333– 344, 01. 2014.
- ZUFFI, M., Design Thinking: A Practical Guide to Creative Problem Solving. [S.]: **Rosenfeld Media**, 2016.

APÊNDICE A – TERMO DE CONSENTIMENTO

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Convidamos o (a) Sr (a) para participar da Pesquisa **Uma Proposta de Solução para Revitalização De Jogos De Tiro Virtuais No Estilo Point-And-Click**, sob a responsabilidade do pesquisador **Emerson Bezerra Pinheiro**, a qual pretende avaliar o uso, adaptabilidade e imersão de uma nova forma de interação com jogos de tiro em comparação com a interação tradicional.

Sua participação é voluntária e se dará por meio da realização de tarefas empregando a nova forma de interação supracitada. Se você aceitar participar, estará contribuindo para a geração de importantes dados de uso para análise.

Se depois de consentir em sua participação o Sr (a) desistir de continuar participando, tem o direito e a liberdade de retirar seu consentimento em qualquer fase da pesquisa, seja antes ou depois da coleta dos dados, independente do motivo e sem nenhum prejuízo a sua pessoa.

O (a) Sr (a) não terá nenhuma despesa e também não receberá nenhuma remuneração. Os resultados da pesquisa serão analisados e publicados, mas sua identidade não será divulgada, sendo guardada em sigilo. Para qualquer outra informação, o (a) Sr (a) poderá entrar em contato com o pesquisador através do e-mail **emerson.bie@gmail.com**, pelo telefone **+351 911722029**, ou contatar diretamente o na **Rua do Salvador Velho, 16, CEP: 7000-877, Évora, Portugal**.

Consentimento Pós-Informação

Eu, _____, fui informado sobre o que o pesquisador pretende fazer e o motivo de necessitar da minha colaboração, e entendi a explicação. Por isso, eu concordo em participar da Pesquisa, sabendo que não vou receber qualquer tipo de pagamento e que posso sair quando quiser. Este documento é emitido em duas vias que serão ambas assinadas por mim e pelo pesquisador, ficando uma via com cada um de nós.

Assinatura do participante

Data: ___ / ___ / ____

Assinatura do Pesquisador Responsável